

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES



Bogotá – Colombia / PBX: (571) 3 257500 / Calle 74 no. 14 –
14

e- mail: info@usa.edu.co

**DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO Y TÁCTICO DE PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES ENFOCADO EN EL APROVECHAMIENTO DE LLANTAS
USADAS PARA LA OBTENCIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR)**

**LUIS FELIPE CASTILLO PÉREZ
SANDRO JAVIER FUENTES ARIÑO
MOISÉS GUILLERMO PONCE GÁMEZ**



**ESCUELA DE POSTGRADOS
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES
UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA
BOGOTÁ D.C.
2016**

AUTORES DE LA INVESTIGACIÓN:

LUIS FELIPE CASTILLO PÉREZ

SANDRO JAVIER FUENTES ARIÑO

MOISÉS GUILLERMO PONCE GÁMEZ

Este proyecto de grado ha sido aprobado para optar al título de magister en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES**. En constancia firman:

DIRECTOR DEL PROYECTO
JURADO
DIRECTOR DE LA ESPECIALIZACIÓN
COORDINADOR DE PROYECTO DE GRADO.

Bogotá, D.C., 28 de marzo de 2016

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	10
2. ABSTRACT	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. ANTECEDENTES	17
5. JUSTIFICACIÓN	19
6. OBJETIVOS	20
6.1. OBJETIVO GENERAL	20
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
7. ALCANCE DEL PROYECTO	21
8. VARIABLES	22
8.1. VARIABLE DEPENDIENTE:.....	22
8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:	22
8.3. VARIABLES INTERVINIENTES	25
9. HIPÓTESIS.....	26
10. METODOLOGÍA PLANTEADA	27
11. PRODUCTOS A OBTENER	29
12. MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO	30
12.1. MARCO CONTEXTUAL.....	30
12.2. MARCO TEÓRICO.....	35
12.3. MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO	60
12.4. MODELO CONCEPTUAL DEL PROYECTO	61
12.5. MARCO LEGAL	62
13. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	63

13.1. DIAGRAMA.....	66
14. MODELO AVANZADO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES	67
15. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE BRECHAS Y GENERACIÓN DE ESTRATEGIAS	77
16. ANÁLISIS ESTRATÉGICO EXTERNO	78
17. MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PLANTEADO	81
17.1. JUSTIFICACIÓN DE DATOS.....	88
17.2. GENERALIDADES DEL MODELO.....	107
17.3. RESULTADOS DEL MODELO	109
17.4. ANÁLISIS Y GRÁFICOS.....	120
17.5. ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA A IMPLEMENTAR	127
17.6. INDICADORES DE GESTIÓN Y MODELOS DE CONTROL	131
17.7. MANEJO DE MANO DE OBRA.....	138
18. CONCLUSIONES	141
19. RECOMENDACIONES	143
20. BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXO A. DIAGRAMA DE PROCESOS.....	148
ANEXO B. LAYOUT DE LA PLANTA.....	150

TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de llantas a nivel nacional.....	13
Tabla 2. Consumo de GCR en asfaltos Colombia en toneladas en los años 2007, 2008, 2009 y 2010	30
Tabla 3. Comportamiento subsectorial durante el 2013.....	34
Tabla 4. Composición de una llanta.....	36
Tabla 5. Ficha técnica del Grano de Caucho Reciclado pulverizado fino.....	37
Tabla 6. Ficha técnica del Grano de Caucho Reciclado pulverizado.....	37
Tabla 7. Tareas y responsabilidades de la Planificación.....	39
Tabla 8. Opciones de la Planificación Agregada.	48
Tabla 9. Estrategias de producción.....	70
Tabla 10. Estrategias de producción 2	71
Tabla 11. Modelo integral de productividad.....	76
Tabla 12. Decisiones estratégicas para el análisis de brechas	77
Tabla 13. Variables del modelo de programación lineal.....	81
Tabla 14. Tasa de producción de llantas mes a mes.	89
Tabla 15. Generación de llantas en Bogotá.....	89
Tabla 16. Participación objetivo del mercado para cada mes.	90
Tabla 17. Horas hábiles por cada mes del año.....	91
Tabla 18. Costo por trabajador incluyendo prestaciones sociales, seguridad social y otros.	93
Tabla 19. Tabla de riesgo para calcular porcentaje por concepto a ARL.	94
Tabla 20. Prioridad de cada escenario.	107
Tabla 21. Cuadro resumen de datos de entrada del modelo.	108
Tabla 22. Planeación de la producción de la estrategia 1.....	109
Tabla 23. Presupuesto de la estrategia 1.	109
Tabla 24. Planeación de la producción de la estrategia 2.....	110
Tabla 25. Presupuesto de la estrategia 2.	110

Tabla 26. Planeación de la producción de la estrategia 3.....	111
Tabla 27. Presupuesto de la estrategia 3.	111
Tabla 28. Planeación de la producción de la estrategia 4.....	112
Tabla 29. Presupuesto de la estrategia 4.	112
Tabla 30. Planeación de la producción de la estrategia 5.....	113
Tabla 31. Presupuesto de la estrategia 5.	113
Tabla 32. Planeación de la producción de la estrategia 6.....	114
Tabla 33. Presupuesto de la estrategia 6.	114
Tabla 34. Planeación de la producción de la estrategia 7.....	115
Tabla 35. Presupuesto de la estrategia 7.	115
Tabla 36. Planeación de la producción de la estrategia 8.....	116
Tabla 37. Presupuesto de la estrategia 8.	116
Tabla 38. Planeación de la producción de la estrategia 9.....	117
Tabla 39. Presupuesto de la estrategia 9.	117
Tabla 40. Planeación de la producción de la estrategia 10.....	118
Tabla 41. Presupuesto de la estrategia 10.....	118
Tabla 42. Cuadro resumen de las estrategias de producción.	119
Tabla 43. Medición del indicador de porcentaje de capacidad mes a mes.	132
Tabla 44. Rotación del inventario mes a mes.	134
Tabla 45. Medición de la productividad laboral mes a mes.	136

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del aprovechamiento de las llantas usadas en la cadena de gestión	15
Figura 2. Implicaciones ambientales en el manejo y aprovechamiento de las llantas usadas en Bogotá D.C.	15
Figura 3. Fases del proyecto	28
Figura 4. Comportamiento del sector industrial en producción, ventas y empleo	31
Figura 5. Principales problemas de la industria durante el año 2013	32
Figura 6. Costos con mayor incremento durante el año 2013.....	33
Figura 7. La relación entre la planificación de la capacidad, planificación agregada, programa maestro y programación a corto plazo.	40
Figura 8. Insumos requeridos por el sistema de Planeación de la producción.	41
Figura 9. Actividades Básicas de la Programación de operaciones.	43
Figura 10. Planificación Empresarial y Planificación de Operaciones.....	44
Figura 11. Enfoque Jerárquico para el proceso de Planificación y Control.....	45
Figura 12. Diagrama del proceso de planeación a nivel táctico.....	46
Figura 13. Relaciones del plan agregado.....	47
Figura 14. Patrón de demanda con estrategia de nivelación.....	50
Figura 15. Patrón de demanda con producción de seguimiento.....	51
Figura 16. Ejemplo de una estrategia de combinación.	52
Figura 17. Esquema de producción/operaciones y de participación objetivo del mercado.	55
Figura 18. Esquema de los diferentes tipos de pronósticos.....	57
Figura 19. Marco Conceptual del Proyecto	60
Figura 20. Modelo Conceptual del Proyecto	61
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso, flujo de producto, flujo tecnológico y flujo de talento humano.....	66
Figura 22. Identificación de los recursos.....	68
Figura 23. Cadena de valor del sistema	69

Figura 24. Mapa de procesos.....	73
Figura 25. Análisis de valor de los procesos misionales	74
Figura 26. Porcentajes relativos de los elementos de costo en los costos de mantener inventario.....	104
Figura 27. Costo total de cada estrategia de producción	120
Figura 28. Producción total en toneladas por estrategia.	122
Figura 29. Costo de mantener inventario por estrategia.	124
Figura 30. Costo hora regular, tiempo ocioso y tiempo extra de cada estrategia.	125
Figura 31. Producción total de la estrategia de persecución con horario regular.....	127
Figura 32. Costo horario regular y tiempo ocioso de la estrategia de persecución en horario regular.	128
Figura 33. Costo de contratación y despido de la estrategia de persecución en horario regular.	129
Figura 34. Costo total de producir con la estrategia de persecución en horario regular.	130
Figura 35. Comportamiento del porcentaje de uso de capacidad mes a mes.	133
Figura 36. Comportamiento de la rotación del inventario mes a mes.	135
Figura 37. Comportamiento de la productividad laboral mes a mes.	137

1. RESUMEN

El problema ambiental que se está generando en Bogotá y en el resto del país por las llantas que se abandonan en las vías públicas, genera expectativa sobre el destino final que se le debe dar a este tipo de residuos que se generan por los automóviles que circulan por las ciudades colombianas.

A esta expectativa generada por los colombianos se realiza este proyecto que tiene como objeto realizar el diseño del sistema estratégico y táctico de producción y operaciones enfocado en el aprovechamiento de llantas usadas, para la obtención de grano de caucho reciclado (GCR).

Este objetivo se alcanzara por medio del establecimiento de una estrategia de producción que se acomode a las necesidades de la planta de Grano de Caucho Reciclado con el fin de optimizar al máximo la productividad de la misma. Se aplicará la metodología de plan agregado de producción, se establecerán indicadores de gestión y seguimiento con el fin de tomar acciones de mejora, presupuestos y por último unas políticas con relación al manejo de la mano de obra. Todo lo anterior se verá soportado por una caracterización del proceso de producción, la cadena de valor, los procesos estratégicos, misionales y de apoyo y modelos de productividad.

Con esta información se procederá a diseñar el sistema de producción y operaciones tanto a nivel táctico como a nivel operativo que permita tomar decisiones a nivel estratégico.

El siguiente proyecto se encuentra basado en la tesis “DISEÑO FÍSICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES ENFOCADO EN EL APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS PARA LA OBTENCIÓN DE

GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR)", de los mismos autores, del cual se tomó información y datos relevantes.

2. ABSTRACT

The environmental problem that is being generated in Bogota and the rest of the country by tires that are abandoned on public roads, generates excitement about the final destination should be given to this type of waste generated by cars driven by Colombian cities.

In this expectation generated by the Colombians, this project aims to make the design of strategic and tactical system of production and operations focused on the use of scrap tires, to obtain grain of recycled rubber (GCR).

This will be achieved through the establishment of a production strategy that fits the needs of the plant Recycled Rubber Grain in order to optimize the productivity of the same. Methodology aggregate production plan will be implemented, management and monitoring indicators will be established in order to take actions to improve, budgets and ultimately policies regarding the handling of labor. All this will be supported by a description of the production process, the value chain, strategic processes, mission processes and support processes and productivity models.

With this information we will proceed to design the system of production and operations both at the tactical level and operational level permitting decisions at the strategic level.

The next project is based on the thesis " DISEÑO FÍSICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES ENFOCADO EN EL APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS PARA LA OBTENCIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR)" by the same authors, which information and data was taken.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La necesidad de reincorporar los desechos sólidos a los procesos productivos de las empresas se ha vuelto fundamental tanto en el aspecto medio ambiental, como económico y social. El reciclaje y aprovechamiento de residuos se ha convertido en una actividad indispensable para la preservación del medio ambiente y del planeta en general. Los productos más reconocidos para reciclar son el hierro, aluminio, vidrio, baterías, papel, cartón, plástico, entre otros. Pero ¿qué está pasando con el reciclaje y aprovechamiento de las llantas, sobre todo en nuestro país?

En Colombia, según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por medio de la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible, en un informe presentado en agosto de 2009, se consumen entre 4,5 y 5,5 millones de llantas anualmente de los cuales el 78% corresponde al servicio particular y el 20% al servicio público, el otro 2% a entes gubernamentales (Vasquez, 2011).

A continuación se presenta una tabla con las regiones y departamentos en Colombia con mayor consumo de llantas:

Tabla 1. Consumo de llantas a nivel nacional

REGIÓN O DEPARTAMENTO	TONELADAS (Ton.)	PORCENTAJE (%)
CUNDINAMARCA	53.760	28,22
ANTIOQUIA	34.881	18,31
EJE CAFETERO	12.916	6,78
COSTA ATLÁNTICA	26.137	13,72
VALLE DEL CAUCA	32.900	17,27
OTROS DEPTOS.	29.909	15,7

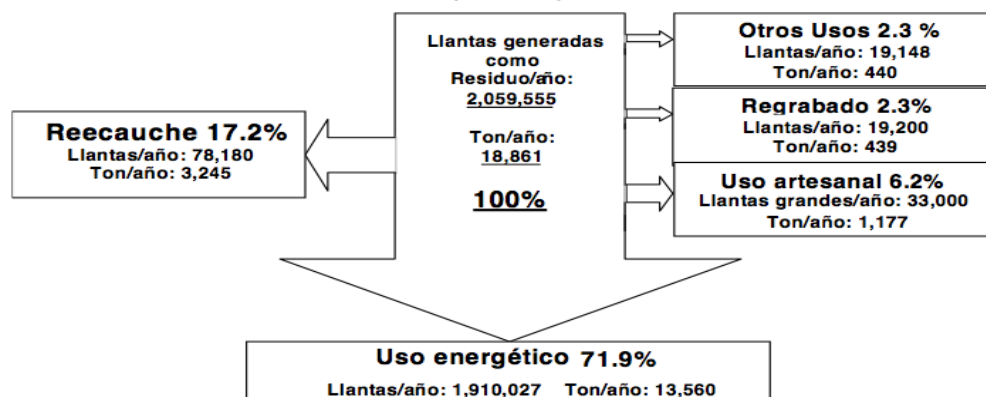
Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se estima que en Colombia se producen 61.000 toneladas de residuo de llantas al año las cuales causan contaminación al agua, al suelo y al aire al no realizar una adecuada disposición (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). En los últimos años el gobierno ha venido expidiendo leyes, decretos, resoluciones e implementando programas por medio de la ANDI y las secretarías de medio ambiente de cada departamento debido a la creciente preocupación que ha venido presentando este tema.

En el año 2010, el Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial expidió la resolución 1457 de 2010 “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones”, mediante la cual se especifica cómo debe ser el manejo de las llantas usadas y cuáles son las responsabilidades de cada una de las partes involucradas. También la ANDI tiene programas para la recolección de llantas y en especial la Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá ha desarrollado algunas jornadas y junto al PNUD desarrolló el documento llamado “Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Bogotá”.

Del diagnóstico anteriormente descrito extraemos los siguientes cuadros, los cuales ilustran de manera adecuada actividades de disposición se están desarrollando en la ciudad de Bogotá y cuáles son las implicaciones de dichas prácticas.

Figura 1. Distribución del aprovechamiento de las llantas usadas en la cadena de gestión



Fuente: UNIÓN TEMPORAL OCADE LTDA / SANIPLAN / AMBIENTAL S.A.

Figura 2. Implicaciones ambientales en el manejo y aprovechamiento de las llantas usadas en Bogotá D.C.

Etapa de la cadena			Implicaciones
Recuperación			Implicaciones menores.
Transporte			Emisión de vehículos.
Acopio			Visual.
			Espacio público.
Aprovechamiento	Artesanal		No existe.
	Regrabado		No existe.
	Energético	Aire	SO _x , NO _x , CO, COVs, Contaminantes carcinogénicos y mutagénicos.
		Agua	S.S. Depositados en el agua, escorrentía de cenizas y escoria a las aguas.
		Suelo	Cenizas y escoria en sitios no autorizados.
		Biótico	Plantas y animales de la zona de influencia.
		Paisaje	Deterioro del entorno.
	Reencauche		No hay implicaciones ambientales representativas.

FUENTE: Unión Temporal OCADE LTDA / SANIPLAN / AMBIENTAL S.A.

Actualmente, se puede decir que los esfuerzos realizados son mínimos con el fin de atacar la problemática de la disposición de llantas, es por eso que se requiere otros entes diferentes al gobierno. Los actores privados son fundamentales para

cubrir toda la creciente demanda de residuos provocados por el desarrollo que está presentando el país y la necesidad de crear empresas que contribuyan con una solución al problema debe ser suplida de inmediato.

4. ANTECEDENTES

El crecimiento económico de un país va de la mano con el incremento de los residuos sólidos generados de parte de la actividad económica y en especial el sector de la construcción y minería los cuales, hoy en día está el foco de crecimiento del país, es por esto que el aprovechamiento y reciclaje de dichos residuos es importante para la preservación del medio ambiente.

El reciclaje de las llantas en nuestro país, en especial Bogotá, se le dio mayor importancia para un mejor manejo al notar que se estaba volviendo un problema de gran magnitud para la ciudad y se vio la necesidad de realizar un estudio que permita acercarse al problema, para esto en el año 2000 la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá "DAMA" valoraron alternativas para el aprovechamiento y así poderle darle una mejor disposición a las llantas desechadas y obtener un mejor beneficio económico, social, ambiental para la ciudad. Cuando la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá "DAMA" llegó a ésta determinación, delegó al IDU la responsabilidad de los estudios especializados para comprobar las mejoras mecánicas para las mezclas asfálticas, contratando a la Universidad de Los Andes para dicho estudio. En el año 2002, la Universidad llegó a la conclusión de que la mezcla asfáltica realizada con éste caucho es de alta calidad, incrementa la vida útil del pavimento, su resistencia a altas y bajas temperaturas y disminuye el desgaste de las llantas al contacto con la superficie, permitiendo quintuplicar su duración (Universidad de los Andes).

Una vez obtenidos los resultados el IDU emite la Resolución 3694 de 2009 "Especificación técnica, Parcheo de pavimento asfáltico con mezclas asfálticas prefabricadas almacenadas".

Con los avances obtenidos en cuanto a los procesos de reciclado ya se les han encontrado aplicaciones alternas; el sector que más beneficio puede alcanzar

gracias al reciclado de las llantas es el de la construcción, ya que se usan para construir casas, así como carpetas asfálticas en la construcción de carreteras.

Actualmente en el sector de reciclaje, específicamente de llantas, se pueden encontrar empresas formalmente constituidas especialmente en los principales departamentos de Colombia. En Bogotá, la ANDI (Asociación Nacional de Industriales) tiene la propiedad de la planta El Recodo en Fontibón. En Carmen de Viboral, Antioquia, se encuentra la planta de procesamiento C.I. Parque Ambiental Mundo Limpio, que se creó debido a la preocupación ambiental de 39 ejecutivos en el año 2007 y donde se dedican a la producción de GCR y extracción de acero para su posterior venta. Por último, en el Valle del Cauca, en el municipio de Candelaria, se encuentra la empresa Fundación Reacercol, que como se especifica en su página web se dedican a la recuperación y reutilización de contaminantes como llantas, hules, plásticos y sus derivados. Adicionalmente existen otras empresas que se encargan de la operación logística, es decir, recolectan y transportan hasta las plantas de procesamiento las llantas para su disposición final, este es el caso en Bogotá de la empresa llamada Importadora de Llantas Especiales SA.

5. JUSTIFICACIÓN

Las llantas por su composición de caucho, hierro y fibra de textil son un producto altamente aprovechable para ser transformado y obtener nuevos productos a partir de su disposición, de las cuales podemos obtener principalmente un producto denominado Grano de Caucho Reciclado o GCR por sus iniciales. Este producto tiene su principal aplicación como componente de mezcla asfáltica, aunque también es utilizado en canchas sintéticas para escenarios deportivos, tapetes de caucho para parques, inclusive para las suelas de los zapatos, entre otras muchas más aplicaciones.

Es evidente que la generación de residuos sólidos es directamente proporcional al crecimiento económico de un país y principalmente al de la construcción. Según el DANE el crecimiento en el sector de la construcción fue del 17,2%, el mayor entre los 25 sectores estudiados durante el 2014 (Fiduciaria Bogotá, 2014). También hay que tener en cuenta que el 80% de la carga en Colombia se transporta por medio de las carreteras lo cual genera que el consumo de llantas se eleve considerablemente con respecto a otros países.

La finalidad de este proyecto es realizar un diseño de un sistema de producción y operaciones nivel táctico y estratégico, apoyándonos en el sistema físico, con el fin de obtener los niveles óptimos de recursos a utilizar según la capacidad planeada.

Se hace necesario conocer cuál es la mejor estrategia para aprovechar los recursos y para esto se empleará un plan de producción agregado el cual se desarrollara por medio del método simple y como resultado se obtendrá el nivel óptimo de fuerza de trabajo, inventarios, fuerza de trabajo, subcontratación en caso de ser necesario y materias primas, entre otros, con el fin de satisfacer las necesidades del mercado del Grano de Caucho Reciclado (GCR).

6. OBJETIVOS

6.1.OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de planeación estratégico y táctico de producción y operaciones enfocado en una planta de transformación de llantas usadas para la obtención de grano de caucho reciclado (GCR).

6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado actual de la investigación en el proceso de planeación estratégica y táctica del sistema de producción para la fabricación de Grano de Caucho Reciclado (GCR).
- Caracterizar el proceso de producción del Grano de Caucho reciclado (GCR), con el fin de determinar modelos de planeación y programación de operaciones.
- Diseñar el modelo de planeación táctica de producción y operaciones que incluya la planta de producción y los procesos de apoyo de acuerdo al modelo de planeación estratégica de producción.
- Diseñar un modelo de planeación estratégica de producción y operaciones con el fin de atender la necesidad del mercado y lograr mayor efectividad en los procesos.

7. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance principal del proyecto es diseñar un sistema de planeación estratégico y táctico enfocado en la obtención de Grano de Caucho Reciclado (GCR) a partir del diagnóstico y caracterización de los procesos de producción en primer lugar, diseño y desarrollo del modelo de planeación estratégica y táctica de producción y operaciones, y del diseño físico de la producción y las operaciones de acuerdo al modelo de planeación estratégica.

8. VARIABLES

8.1.VARIABLE DEPENDIENTE:

La variable dependiente es el objeto de estudio sobre el cual se va a desarrollar el proyecto:

- Planeación de la producción de Grano de Caucho Reciclado, es una variable dependiente, ya que, es el objeto de estudio, como se obtendrá y venderá a las constructoras de obras civiles, y otras industrias.

8.2.VARIABLE INDEPENDIENTE:

La variable independiente tiene la capacidad de influir a otras variables.

- Demanda y Clientes: Existe una gran cantidad de clientes potenciales para el producto a obtener. Entidades públicas y gubernamentales, para el asfaltado de carreteras y al igual que el consumo de energía. La demanda de Grano de Caucho Reciclado principalmente está compuesta por el mercado de mezclas bituminosas, luego se encuentra el de malla tipo futbol, el cual, es utilizado en los campos de grama sintética y por último el Mulch que se utiliza en las pesebreras.
- Proveedores: El principal proveedor de llantas para la planta es la ANDI, quien se encarga del programa postconsumo de las mismas. Adicionalmente, existen proveedores particulares como las empresas de transporte de carga en vehículos, talleres, importadoras, productoras, servitecas, entre otros.

- Competidores: En Bogotá y sus alrededores existen aproximadamente unas 136 empresas dedicadas al reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos en general, pero se desconoce el dato oficial de la cantidad de empresas que pueden entrar a competir directamente con nuestro modelo de negocio principalmente por la informalidad que existe en el sector.
- Tecnológicas: La tecnología para llevar a cabo el proyecto está debidamente desarrollada y probada a nivel mundial. En nuestro país la penetración aún no ha sido importante, lo cual no quiere decir que sea un impedimento. La selección de la tecnología a implementar debe ir de la mano con la normatividad colombiana en lo referente al cuidado medio ambiental, así mismo esta debe contar con los estándares de calidad y capacidad de producción para poder cumplir a los clientes, sin afectar las estrategias de crecimiento de la empresa.
- Participación en el mercado: La participación de mercado va de acuerdo a la competencia tanto formal como informal que se encuentre en el mercado, igualmente dependerá de la estrategia comercial y la competitividad de la empresa.
- Producción (Cantidad y tiempo estándar): La cantidad a producir será asignada de acuerdo a la estrategia de producción que se implemente y el tiempo estándar de producción por unidad se definirá de acuerdo a las especificaciones técnicas de la maquinaria y la cantidad de recurso humano que alimente el sistema.
- Económicas: El entorno económico en el cual nos encontramos, específicamente Colombia, es favorable para el desarrollo de empresas, ya que, existen políticas claras y hay un respeto por la libre

competencia. El desarrollo y crecimiento de Colombia en los últimos años, en términos de PIB, ha sido constante con un crecimiento del 4,66% durante 2014 (Banco de la República) y la inflación según lo reveló el Banco de la República en su informe sobre inflación fue del 3,66% (Banco de la República, 2014). Información positiva para el desarrollo de este proyecto, ya que, hay un mayor poder adquisitivo para la compra de vehículos y a su vez un aumento en la adquisición de llantas. Los últimos gobiernos se han caracterizado principalmente por mantener una estabilidad económica y una política monetaria coherente. Las tasas de interés de referencia por parte del Banco de la República se mantuvieron inalterables en un 3,25% (Banco de la República, 2014) para el año 2014, lo que permite que la población en general tenga un mayor acceso a los créditos por parte de los bancos.

En el entorno regional, especialmente refiriéndonos a Sur América a excepción de Venezuela y Argentina, todos los países han venido experimentando crecimientos importantes en su PIB con tasas de inflación bajas.

La variable económica principal que puede llegar a afectar nuestro proyecto es el crecimiento en sectores como transporte y construcción, al igual que el incremento o disminución de venta de vehículos en Colombia.

- Sociales: El impacto social del proyecto principalmente se verá reflejado en la creación de nuevos empleos, especialmente en el área de influencia donde se planee ubicar la planta de producción, lo cual posiblemente sea en Bogotá o en alguno de los municipios vecinos, dependiendo de los costos asociados de mantenimiento de la planta según su zona geográfica.

- Medio-Ambientales: El objetivo ecológico principal es el de diseño de un esquema que permita la gestión de los residuos, en este caso las llantas, y todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida, para la aplicación de sistemas integrados de gestión al igual que los otros residuos sólidos.

8.3.VARIABLES INTERVINIENTES

La variable interviniente es aquella que se interpone de manera indirecta.

- Legales: Jurídica y legalmente el proyecto se ajustará a la normatividad colombiana, principalmente a la resolución 1457 de 2010 “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones”. Así mismo en la constitución política de Colombia en el título II, capítulo 3, artículo 79, que habla de la preservación del medio ambiente. También se tendrá en cuenta la normatividad expedida por la Secretaría de Ambiente de Bogotá.

9. HIPÓTESIS

Si se realiza el diseño de un modelo de planeación estratégica y física de producción y operaciones entonces se podrá articular el esquema para el montaje de una planta para la obtención de Grano de Caucho Reciclado (GCR).

10.METODOLOGÍA PLANTEADA

La investigación a presentar se enmarca bajo el tipo descriptivo. Este tipo de investigación es la más común y utilizada. En el libro Metodología de la Investigación de Bernal enuncia que *“Este tipo de investigación se muestran, narran, reseñan o identifican hecho, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan, productos modelos, prototipos, guías, etcétera. Pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones, lo hechos, los fenómenos, etcétera”* (Bernal, 2006).

El procedimiento inicial planteado para el desarrollo del proyecto consiste en la recopilación de la mayor cantidad de información acerca de las generalidades de las llantas, características, composición, principales aplicaciones para el aprovechamiento de las mismas, así como las tecnologías actuales para su procesamiento.

Las siguientes fases del proyecto están compuestas por un diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de GCR, la caracterización de dicho proceso, el diseño propuesto de los modelos de planeación estratégica y táctica y por último las conclusiones y recomendaciones extraídas a partir de todo lo anteriormente propuesto.

A continuación se presente un gráfico para describir brevemente las fases del proyecto a desarrollar:

Figura 3. Fases del proyecto



Fuente: Elaboración propia

11.PRODUCTOS A OBTENER

- El sistema de planeación de la capacidad de producción de la planta de Grano de Caucho Reciclado (GCR)
- Herramienta de análisis de presupuesto del plan de producción propuesto.

12. MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO

12.1. MARCO CONTEXTUAL

En Colombia, especialmente en Bogotá, existe un alto potencial en el campo de aprovechamiento de los recursos que son retirados del sistema productivo, como es en este caso el de las llantas. Como se mencionó con anterioridad en Colombia se estima que el consumo de llantas se encuentra entre 4,5 y 5,5 millones anualmente. El 72% que se destina como recurso energético (práctica que se desea eliminar debido a los efectos nocivos para la salud y el medio ambiente) corresponde aproximadamente a un total de 3 millones 600 mil llantas lo cual generarían unas 14.500 toneladas de GCR. Si tenemos en cuenta que aproximadamente la tonelada de GCR en el mercado se encuentra a \$1.386.000 el potencial del mercado en términos económicos en Colombia sería de \$20'097.000.000.

Según la Cámara Colombiana de Infraestructura el comportamiento de la demanda de GCR en Colombia se representa en la siguiente gráfica:

Tabla 2. Consumo de GCR en asfaltos Colombia en toneladas en los años 2007, 2008, 2009 y 2010

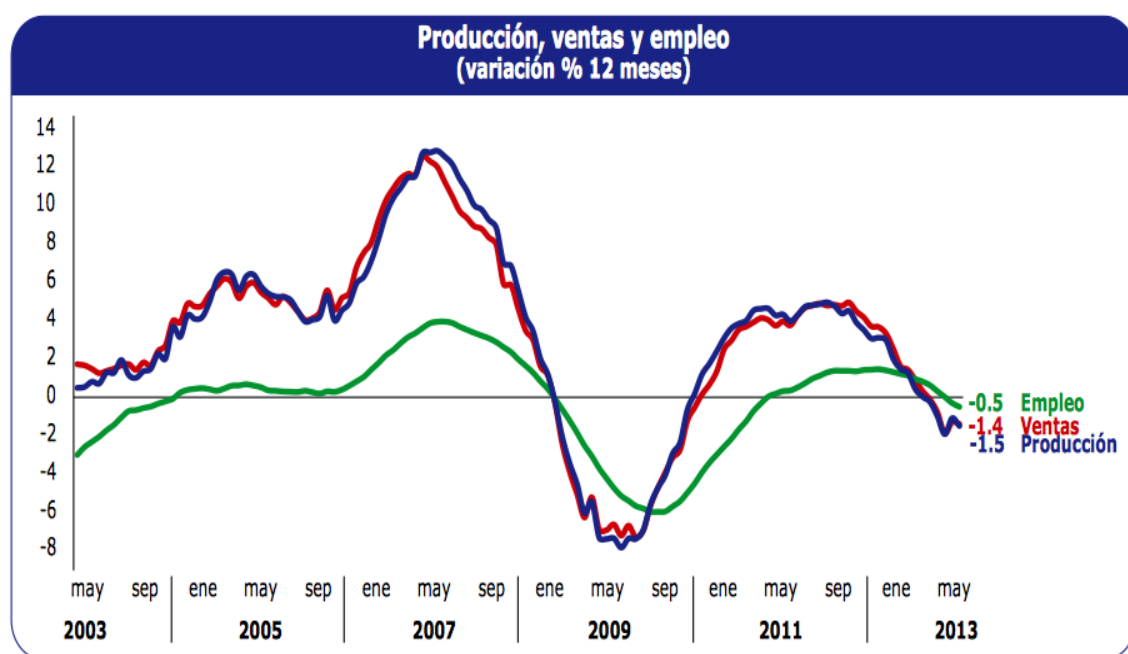
AÑO	DEMANDA (Tn)
2007	2.900
2008	5.200
2009	9.000
2010	13.000

FUENTE: Cámara Colombiana de Infraestructura

El sector en el cual se encuentra la actividad que vamos a desarrollar según la Cámara de Comercio de Bogotá, la cual corresponde a reciclaje de desperdicios y de desechos no metálicos, es el industrial.

A nivel macroeconómico, Colombia presenta un comportamiento decreciente del sector industrial desde principios de 2012 y para el año 2013 refleja comportamientos negativos como se refleja en la siguiente gráfica:

Figura 4. Comportamiento del sector industrial en producción, ventas y empleo

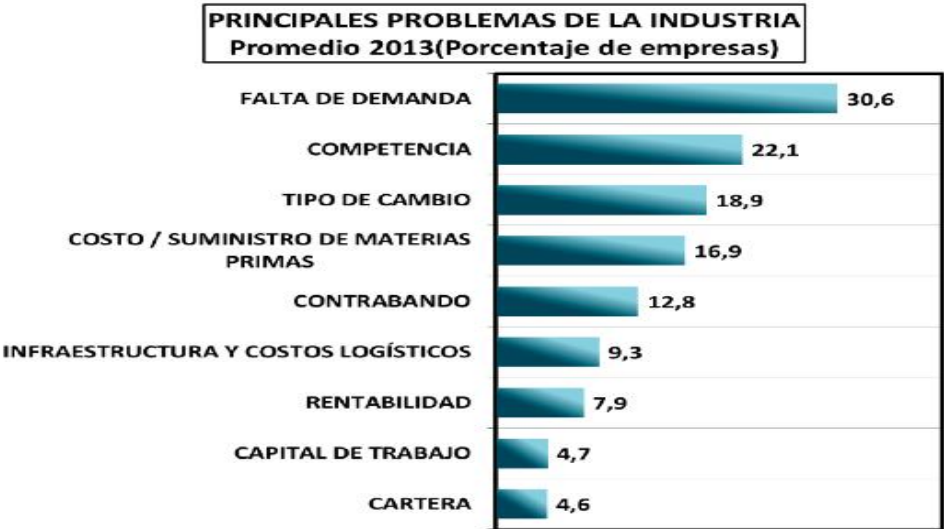


Fuente: cálculos Anif con base en Dane-MMM.

Las dificultades del sector se explican tanto por factores externos como internos. En lo externo encontramos, un menor crecimiento mundial, desaceleración del comercio, disminución de precios internacionales y una

mayor competencia, a nivel interno se debe principalmente a una disminución de la demanda, clima de negocios menos favorable, limitantes de competitividad, aumento de costos y gastos y el contrabando. Por medio de la siguiente gráfica se describen los principales problemas de la industria en el país:

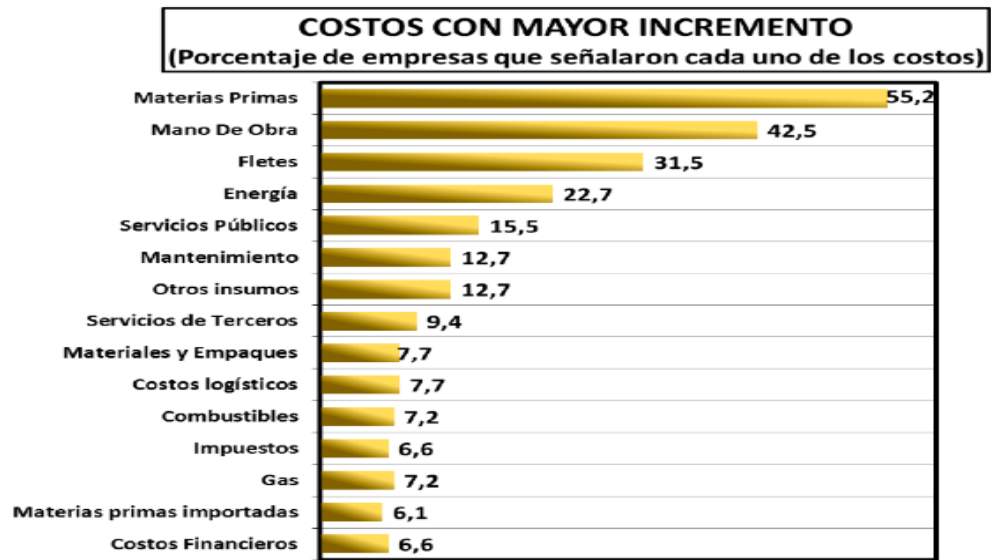
Figura 5. Principales problemas de la industria durante el año 2013



Fuente: ANDI

Uno de los aspectos de mayor relevancia que impactaron en el comportamiento de la industria en Colombia fue el incremento de los costos. Según una encuesta realizada a los empresarios en el país, señalaron los siguientes rubros como los de mayor incremento en el costo durante el 2013:

Figura 6. Costos con mayor incremento durante el año 2013



Fuente: EOIC, JULIO 2013

Fuente. ANDI

En la industria colombiana se percibe una leve recuperación en una buena parte en la producción en los bienes de consumo no durables, mientras que los bienes de capital, los intermedios y los que tienen mayor sofisticación tecnológica siguen rezagados. El comportamiento subsectorial se refleja en la siguiente gráfica:

Tabla 3. Comportamiento subsectorial durante el 2013

SECTOR	PRODUCCION (*)	VENTAS TOTALES (*)	VENTAS MERCADO NACIONAL (*)
ALIMENTOS	1,6	2,7	3,9
BEBIDAS	3,2	1,9	1,9
TEXTILES	-17,3	-6,4	1,6
CALZADO	-0,4	1,0	0,6
PAPEL Y CARTON	2,2	5,1	8,6
ACTIVIDADES DE IMPRESION	2,0	0,6	1,8
REFINACION DE PETROLEO	-3,1	4,0	2,1
SUSTANCIAS QUIMICAS	-0,4	-1,1	-2,4
OTROS PRODUCTOS QUIMICOS	4,3	4,6	1,9
PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	0,8	2,8	1,9
HIERRO Y ACERO, FUNDICION DE METALES	-5,3	-2,3	1,2
Siderúrgica Hierro y Acero	-5,4	-0,8	1,5
APARATOS DE USO DOMESTICO NCP	-10,5	-0,2	4,3
MAQUINARIA Y APARATOS ELECTRICOS	-8,2	-5,1	-2,7
VEHICULOS AUTOMOTORES Y SUS MOTORES	-17,2	-2,4	-9,8
AUTOPARTES PARA VEHICULOS AUTOMOTORES	-20,8	-24,8	-23,0
OTROS TIPOS DE EQUIPOS DE TRANSPORTE	21,4	12,6	10,6
TOTAL INDUSTRIA MANUFACTURERA	-0,3	1,4	1,6

Fuente. ANDI

Los sectores de mayor contribución fueron la producción de alimentos lácteos y bebidas, la producción de electrodomésticos y de vehículos, mientras que en la otra cara de la moneda se encuentran confecciones, calzados, productos químicos y plásticos. De los 48 subsectores que hacen parte del estudio de la ANDI, 30 de ellos reflejaron comportamientos negativos durante el 2013.

Otro sector importante relacionado con el consumo de llantas es el de la construcción, el cual fue el de mayor crecimiento y participación en el PIB en Colombia durante el 2013.

12.2. MARCO TEÓRICO

LA LLANTA

Las llantas se encuentran conformadas por unas bandas de rodamiento elástica, una banda prácticamente dura y por ultimo tiene una estructura de arcos que es la que orienta y le da la forma a la llanta (Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A., 2008).

Además de caucho los neumáticos las llantas está mezclado con otros componentes como:

El negro de humo: son partículas muy pequeñas de carbono, que sirve para darle la firmeza y la resistencia a la arrastre, para que no se desgaste con facilidad.

Fibra textil: se usa hilos de algodón resistente para darle más firmeza a las llantas.

Acero: se usa rollos de acero para darle solidez y forma a las llantas.

Plastificantes: son aditivos que se utiliza para suavizar los materiales y así poder elaborar las respectivas mezclas.

El azufre: se usa para vulcanizar, cura las cadenas de polímero en el caucho.

En la siguiente tabla podemos observar la forma en porcentajes de los componentes que conforman a una llanta.

Tabla 4. Composición de una llanta

Componentes	Vehículos		Función
	Automóviles % en Pesos	Camiones % en Pesos	
Caucho	48	45	Estructural-Deformación
Negro Humo	22	22	Mejora Oxidación
Óxido de Zinc (acelerante)	1.2	2.1	Catalizador
Material Textil	5	0	Esqueleto Estructural
Acero	15	25	Esqueleto Estructural
Azufre	1	1	Vulcanización
Otros	12	0	Juventud

Fuente: Adaptado de “Materiales y compuestos para la industria del neumático” de Guillermo Castro

FICHA TÉCNICA DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO

Tabla 5. Ficha técnica del Grano de Caucho Reciclado pulverizado fino

PRODUCTO	Grano de Caucho Reciclado GCR – Pulverizado (fino)
GRANULOMETRIA	< 0,6 mm
APLICACIÓN	Mezclas Bituminosas (Asfaltos), Piezas de Cauchos y Aislamientos
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	El producto es empacado en sacos de lona.

Fuente: Adaptado de www.signus.es

Tabla 6. Ficha técnica del Grano de Caucho Reciclado pulverizado

PRODUCTO	Grano de Caucho Reciclado GCR - Pulverizado
GRANULOMETRIA	0,8 - 8 mm
APLICACIÓN	Relleno de Césped, Capa de Absorción de Impacto y Capas Inferiores
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	El producto es empacado en sacos de lona.

Fuente: Adaptado de www.signus.es

PROCESO DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La planeación de la producción consiste en determinar la cantidad de unidades a producir en base a la capacidad de producción de una empresa. Igualmente permite conocer los recursos en cuanto a materiales, maquinaria y las operaciones que son necesarias para llegar a cumplir con lo planeado en el horizonte de tiempo propuesto.

Algunos alcances y objetivos del proceso de planeación de la producción son los siguientes:

- Planificar las necesidades en cuanto a capacidad teniendo en cuenta la participación del mercado, que se espera obtener.
- Planificar las entregas de la materia prima en tiempo y cantidad programada
- Asegurar la disponibilidad del inventario.
- Programación de las actividades de la mano de obra y de los equipos.
- Realizar el seguimiento apropiado de los recursos.
- Utilización a su capacidad de los equipos.
- Obtener información de todas las actividades realizadas en el área de producción

La planeación de la producción depende principalmente del horizonte de tiempo en el cual se quiera o se tenga la capacidad de trabajar. Estos pueden ser a largo plazo, mediano plazo y corto plazo. El significado de largo, mediana y corto pueden llegar a ser subjetivos, sin embargo, se puede decir que largo plazo supone en términos de años, mediano aproximadamente mayor a 3 meses hasta los 18 y corto plazo supone semanas. En el siguiente cuadro se muestra las tareas de planificación con su respectivo horizonte de tiempo al igual de quien es el responsable de llevar a cabo cada una de ellas:

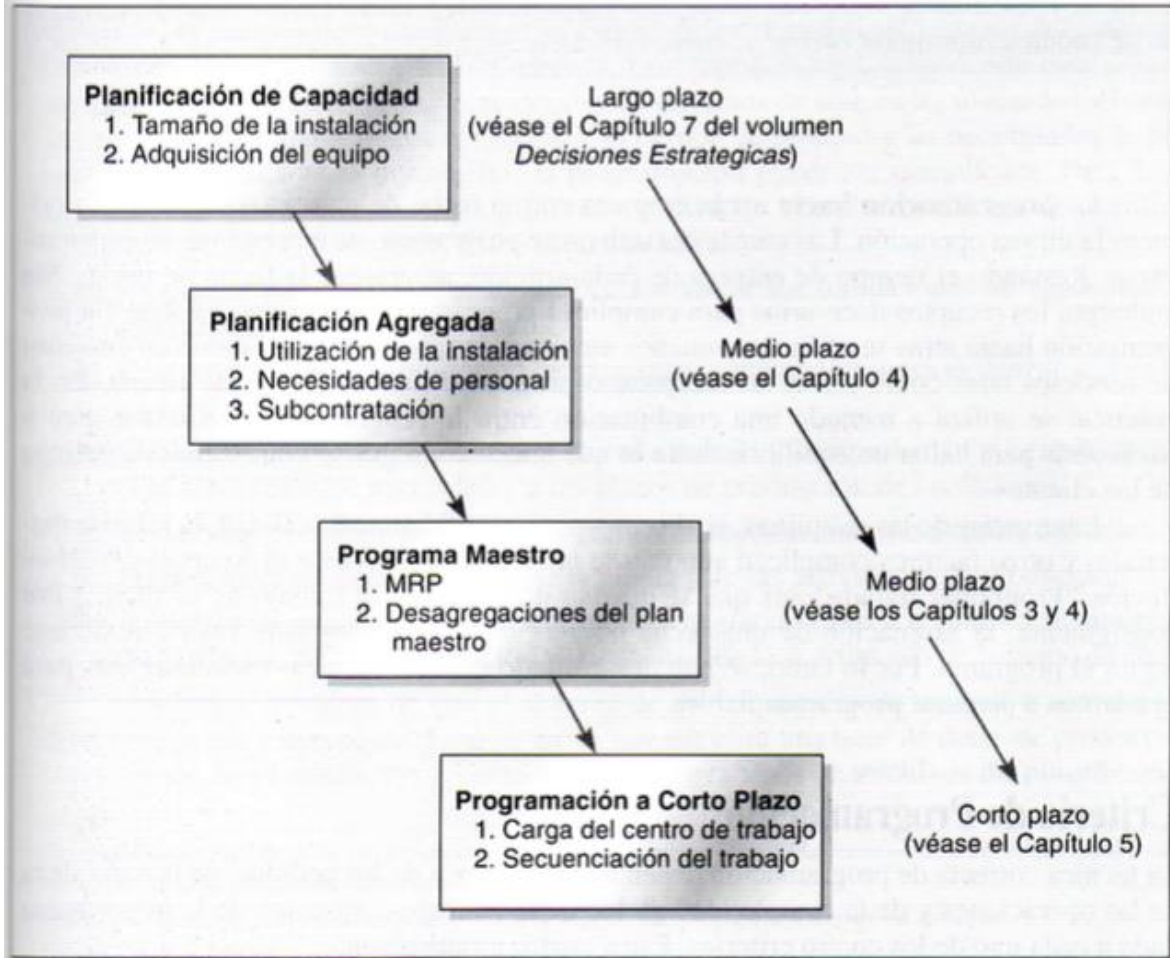
Tabla 7. Tareas y responsabilidades de la Planificación.

RESPONSABILIDAD	TAREAS DE PLANIFICACIÓN Y HORIZONTE
Altos ejecutivos	Planes a largo plazo (por encima de un año) Planes de nuevos productos Inversión de capital Localización/expansión de instalaciones
Directores de operaciones	Planes a mediano plazo (3-18 meses) Planificación de ventas Planificación y presupuesto de producción Establecer los niveles de empleo, inventario y subcontratación Analizar los planes de operación
Supervisores	Planes a corto plazo (hasta 3 meses) Asignación de trabajo Emisión de pedidos Programación del trabajo Despachar pedidos

Fuente: Dirección de la producción, Heyzer y Render

Según Heizer y Render en su libro Dirección de la Producción decisiones tácticas, las etapas para realizar la planeación de la producción son 4, como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura 7. La relación entre la planificación de la capacidad, planificación agregada, programa maestro y programación a corto plazo.



Fuente: Dirección de la Producción, Heyzer y Render.

Una primera etapa a nivel estratégico, con naturaleza a largo plazo, la cual se denomina como la Planificación de la Capacidad. En esta se define el tamaño de las instalaciones físicas y la adquisición de equipo y maquinaria, esencialmente, la planificación para la compra de los activos fijos de la empresa. Una segunda etapa consiste en la Planificación Agregada, la cual, es a mediano plazo y en esta se planea la utilización de las instalaciones, identificar el recurso humano necesario para llevar a cabo el plan de producción de acuerdo a la demanda, la subcontratación, contratación, despidos, entre otros. La tercera etapa, también a

mediano plazo, es la elaboración del Programa Maestro, por medio del cual se elabora el MRP y se desagrega el plan de producción en los diferentes productos que se desean producir, es decir, un plan con mayor detalle y por último se encuentra la programación a corto plazo en el cual se establece la carga del centro de trabajo y la secuenciación del trabajo en planta (Heizer & Render, 1997).

Según Chase, Jacobs y Aquilano, en su libro Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva, se requieren unos insumos para alimentar la planeación de la producción. En la figura a continuación se muestran los insumos necesarios para llevar a cabo la planeación:

Figura 8. Insumos requeridos por el sistema de Planeación de la producción.



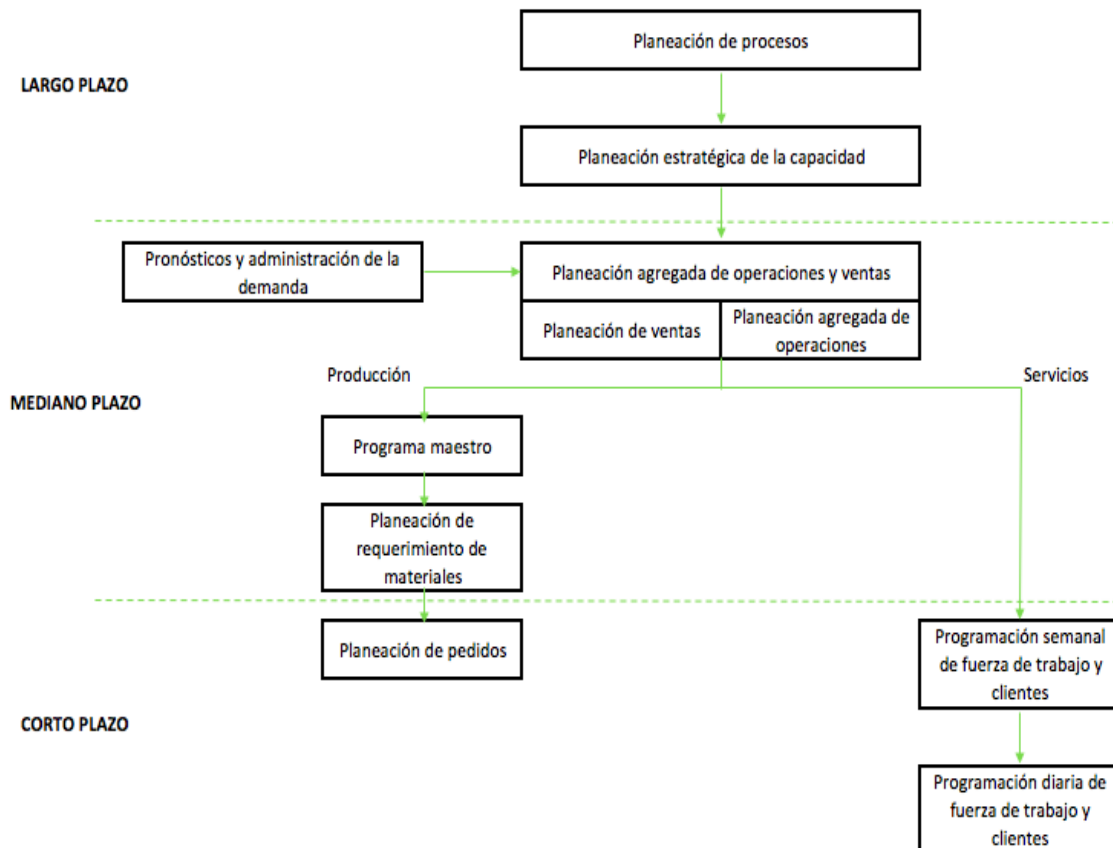
Fuente: Tomado y modificado de Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva, Chase, Jacobs y Aquilano.

Los autores dividen los insumos tanto internos como externos. Los internos, es decir, que se generan al interior de la empresa son capacidad física actual, fuerza

de trabajo actual, niveles de inventarios y actividades requeridas para la producción, todos los demás corresponden a insumos externos que se adquieren por fuera de la empresa.

Otro modelo de planeación de la producción propuesto por los mismos autores, que en comparación con el propuesto por Heizer y Render, se encuentra un poco más detallado. El esquema se divide en 3 horizontes de tiempo, largo, mediano y corto plazo. En el largo plazo ubica la planeación de procesos y la planeación estratégica de la capacidad. En el mediano plazo se encuentra la planeación agregada de operaciones y ventas, la cual, se encuentra compuesta por la planeación de las ventas y la planeación agregada de las operaciones. Estas actividades anteriores se encuentran alimentadas por los pronósticos y administración de la demanda. Posteriormente se realizan otras actividades de mediano plazo como el programa maestro y la planeación de requerimiento de materiales. En el corto plazo se realiza la planeación de los pedidos. Las anteriores actividades relacionadas se realizan para el ámbito de producción, sin embargo también se considera algunas actividades a corto plazo para los servicios, tales como, la programación semanal de fuerza de trabajo y clientes y posteriormente la programación diaria de la fuerza de trabajo (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2004). La representación del modelo es la siguiente:

Figura 9. Actividades Básicas de la Programación de operaciones.

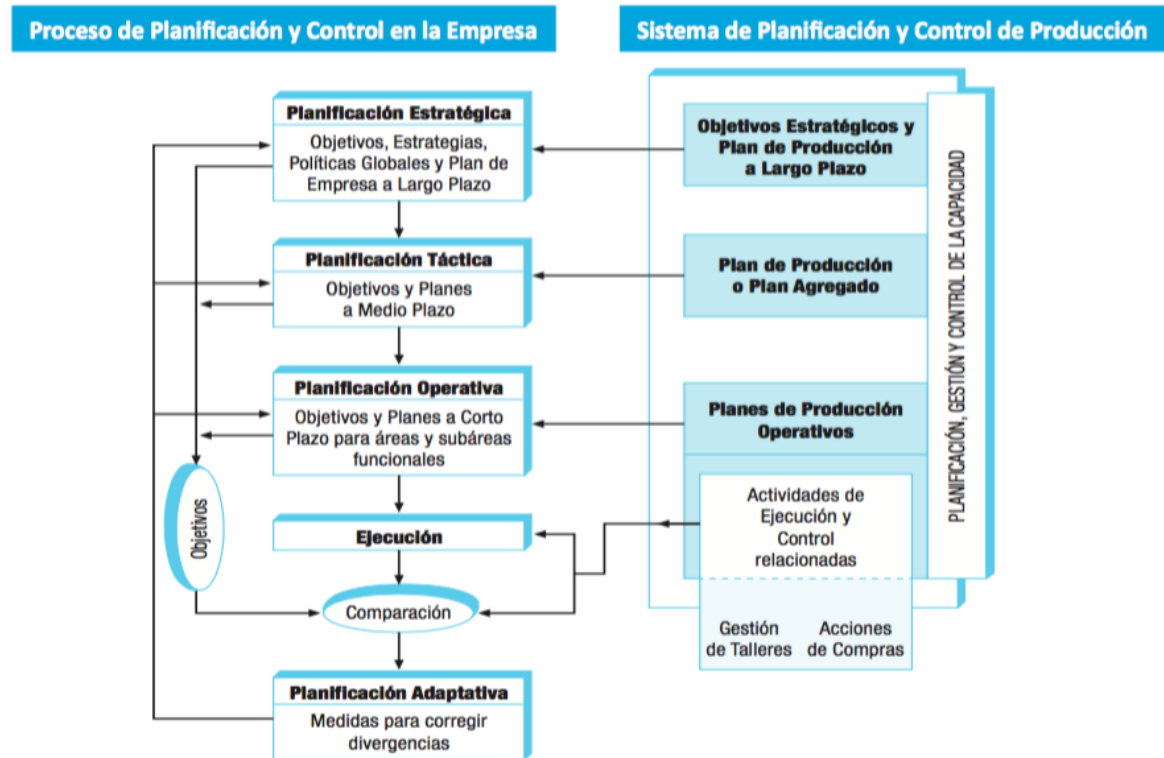


Fuente: Tomado y modificado de Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva, Chase, Jacobs y Aquilano.

De la Universidad de Cantabria, del departamento de administración de empresas en el documento de gestión de operaciones, en el tema de planificación y control de la producción, se elaboró el siguiente gráfico mediante el cual se establece un paralelo entre el proceso de planificación y control en la empresa y el sistema de planificación y control de la producción en cuatro niveles de planificación, la estratégica, la táctica, la operativa y por último la adaptativa, la cual, se define como la toma de medidas correctivas necesarias para eliminar las diferencias entre los resultados que se obtienen y los objetivos relacionados. Para el presente

proyecto los niveles a trabajar son tanto el estratégico como el táctico. La representación gráfica del modelo se muestra a continuación:

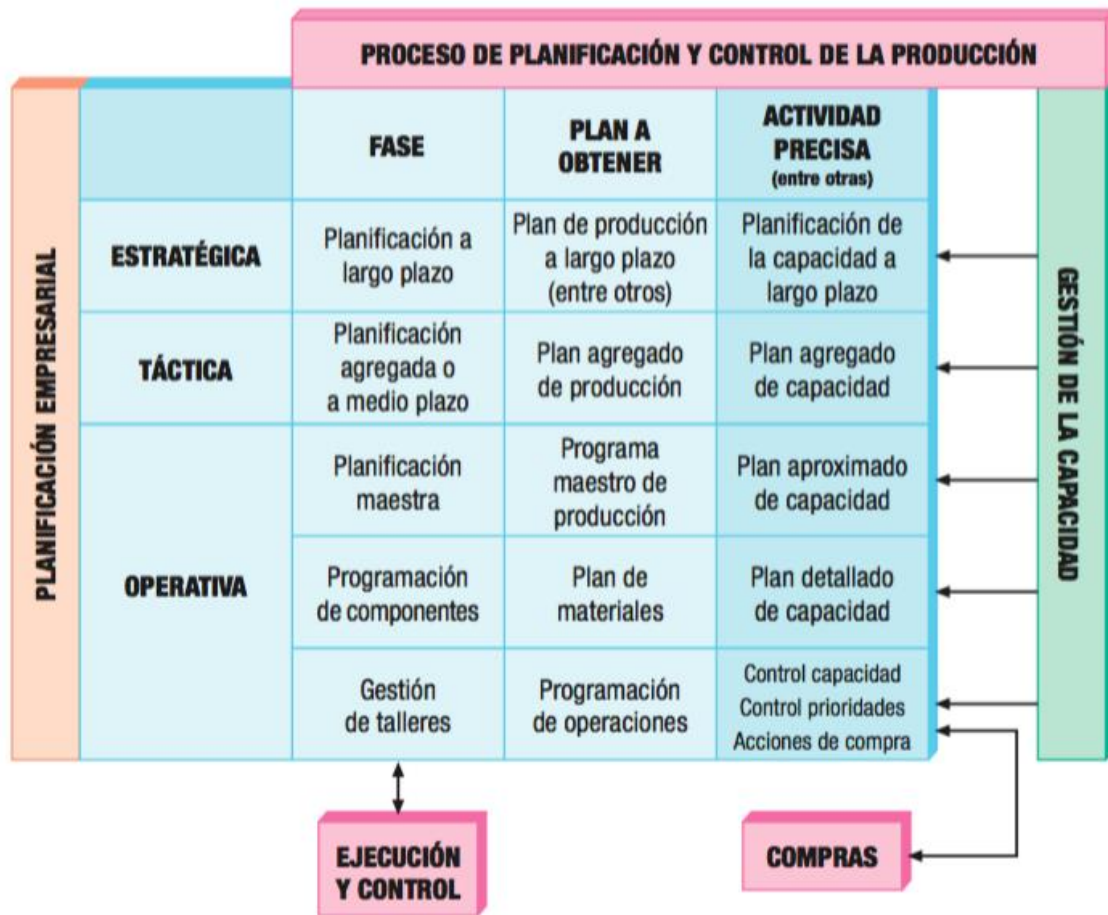
Figura 10. Planificación Empresarial y Planificación de Operaciones



Fuente: Domínguez Machuca 2003 (Elaborado por Universidad de Cantabria)

Por último, tomado del mismo documento y adaptado a partir de Domínguez Machuca, se encuentra la representación del mismo esquema anterior, sin embargo, las relaciones se encuentran en forma matricial y no incluye la planificación adaptativa. Es importante destacar que para este autor la planificación maestra se encuentra en un nivel operativo y no a nivel táctico como como se ha mostrado en los modelos anteriormente expuestos.

Figura 11. Enfoque Jerárquico para el proceso de Planificación y Control.



Fuente: Domínguez Machuca 2003 (Elaborado por Universidad de Cantabria)

Como se puede observar existen algunas diferencias en los modelos de planeación de la producción, sin embargo, todos especifican las responsabilidades, las actividades y las partes que intervienen en cada uno de ellos. Adicionalmente lo que se requiere para llevar a cabo la planeación.

PLANEACIÓN AGREGADA

El plan de producción agregada abarca los próximos 6 a 18 meses y se expresa en términos de semanas o meses. A este nivel se ignora el nivel de producción de cada producto y sus características. Abarca actividades globales y sus resultados se expresan en número de unidades. En la planeación agregada se tiene en cuenta los inventarios, pedidos pendientes contratación y despidos y la subcontratación.

Como se muestra a continuación, la planeación agregada hace parte del primer paso a nivel táctico y a partir de esta se obtiene la programación maestra, la planificación de materiales y la programación de operaciones, cada vez más acercándose al nivel operativo.

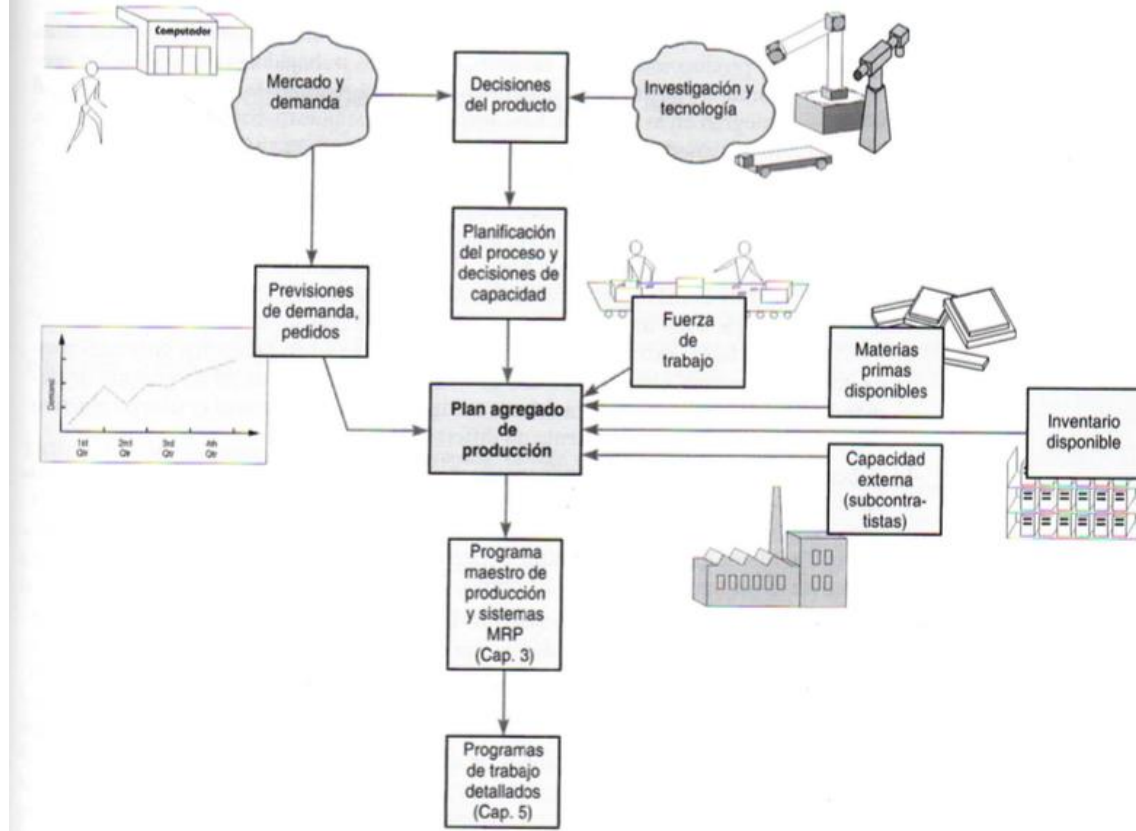
Figura 12. Diagrama del proceso de planeación a nivel táctico



Fuente: Elaboración propia.

Es importante conocer el relacionamiento que tiene el plan agregado de la empresa con otras áreas y procesos de la misma. El encargado de producción recibe información de los pronósticos de la demanda, financiera, de la fuerza de trabajo, de capacidad y de disponibilidad de materia prima o del inventario. Este a su vez direcciona la información a los sistemas de planificación de requerimiento de materiales para finalmente elaborar el programa detallado y dirigirlo al personal operativo (Heizer & Render, 1997).

Figura 13. Relaciones del plan agregado.



Fuente: Dirección de la Producción, Heyzer y Render

Las opciones básicas para influir en las opciones de capacidad y de demanda son las siguientes teniendo en cuenta sus ventajas, desventajas y algunos comentarios al respecto:

Tabla 8. Opciones de la Planificación Agregada.

OPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMENTARIOS
Cambiar el nivel del inventario	Los cambios de los recursos humanos es gradual o no hay; no hay cambios bruscos en la producción.	Costos de mantenimiento de inventario. Roturas de inventario, dando pérdida de ventas, pueden suceder si la demanda crece.	Esto se aplica principalmente al entorno de producción, no de servicios.
Variar el tamaño de la fuerza de trabajo contratando y despidiendo temporalmente	Evita los costos de otras alternativas.	Costos de contratos, despidos y formación pueden ser importantes.	Usado donde mucha gente no cualificada busca ingresos extras.
Variar tasas de producción mediante las horas extras o inactividad	Iguala las fluctuaciones estacionales sin ningún costo de contrato/formación.	Primas de horas extras; trabajadores cansados; pueden no hacer frente a la demanda.	Permite flexibilidad dentro del plan agregado
Subcontratar	Permite flexibilidad y nivelar la producción de la empresa.	Pérdida de control de calidad; beneficios reducidos; pérdida de futuros negocios.	Se aplica principalmente en los entornos de producción.
Utilizar trabajadores a tiempo parcial	Menos costoso y mas flexible que los trabajadores fijos.	Costos elevados de movimiento/formación; reflejado en la calidad; difícil programación.	Bueno para trabajos no cualificados en áreas con grandes necesidades de mano de obra temporal.
Influir en la demanda	Intentar usar la capacidad sobrante. Los descuentos atraen más clientes.	Incertidumbre en la demanda. Dificultada para manejar exactamente la demanda con la capacidad.	Crea ideas de marketing "Sobrecontratación" usada en algunos negocios.
Pedidos retrasados	Puede evitar las horas extras. Mantiene la capacidad constante.	El cliente debe estar dispuesto a esperar, pero el buen nombre se pierde.	Muchas compañías retrasan pedidos.
Mezclar productos y servicios de temporadas contrarias	Utiliza completamente los recursos; Permite la fuerza de trabajo estable.	Puede exigir habilidades o equipo fuera del área de experiencia de la empresa.	Arriesgado buscar productos o servicios con modelo de demanda opuestos.

Fuente: Dirección de la Producción, Heyzer y Render

Aspectos de la planeación agregada:

- **Capacidad:**

Se define como cuanto puede fabricar un sistema de producción. Esta debe estar en la misma unidad de la demanda y es importante que estén al mismo nivel, ya que, el exceso de esta puede generar costos inoficiosos (Sipper & Bulfin, 1998).

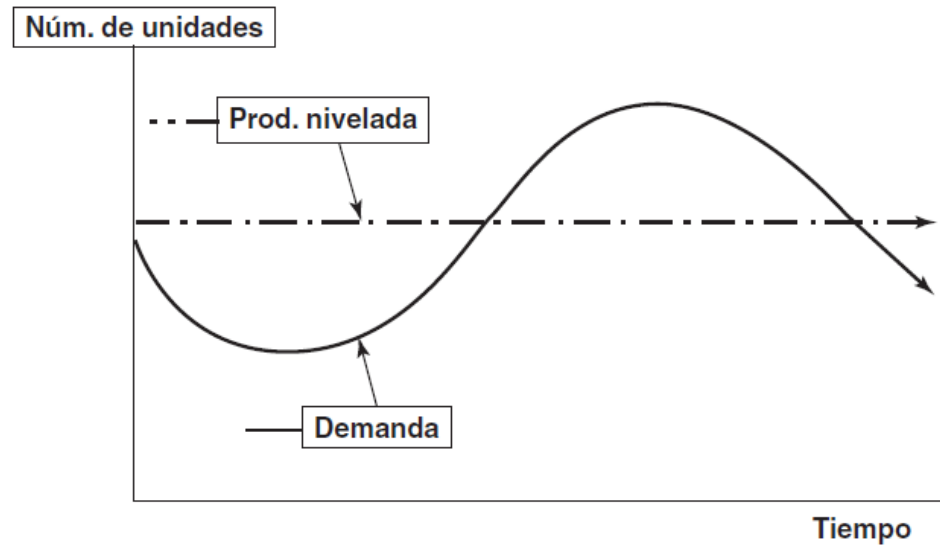
- Unidades agregadas:
Los planes de mediano y largo plazo no necesitan gran nivel de detalle por tal motivo se agregan los productos en uno solo (Sipper & Bulfin, 1998).
- Costos
En términos generales los costos se dividen en costos de producción, costos de inventario y los costos por cambiar de capacidad. Los costos de producción incluyen materiales, mano de obra y los costos indirectos de fabricación, los relacionados con el inventario son almacenamiento y faltantes y por último los de cambio de capacidad como contratación y capacitación y despidos (Sipper & Bulfin, 1998).

Estrategias para la planeación agregada:

Existen tres tipos de estrategias para llevar a cabo la producción del plan agregado, las cuales son, nivelación, seguimiento y la combinación de ambas.

- Nivelación:
Se establece un nivel determinado de recursos y la demanda fluctuara a alrededor de su disponibilidad. Esta estrategia suele ser común cuando es difícil o costos cambiar la disponibilidad de recursos (Chapman, 2006).

Figura 14. Patrón de demanda con estrategia de nivelación.

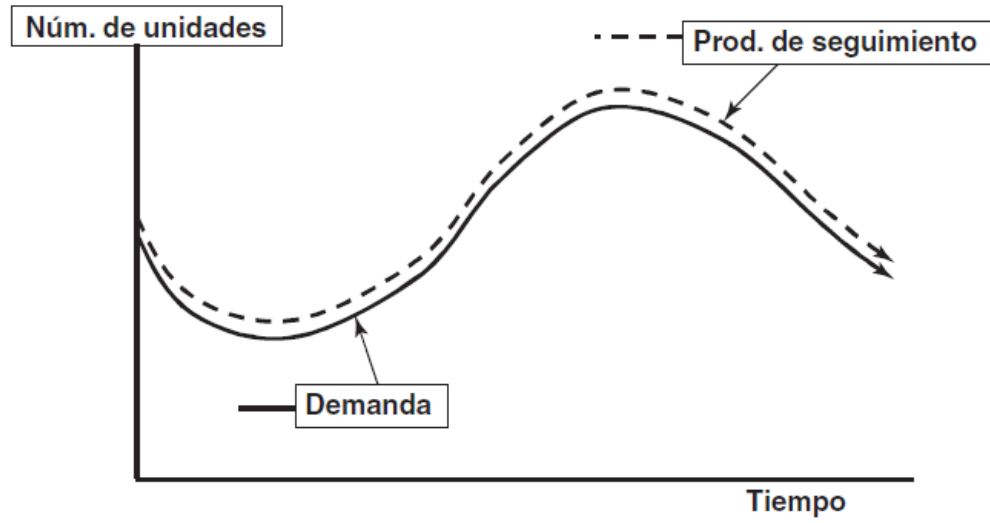


Fuente: Tomado de Planificación y Control de la Producción, Stephen N. Chapman.

- Seguimiento:

Este método no busca alterar la demanda si no los recursos. Estos incrementan o disminuyen de manera continua de acuerdo a las condiciones normales del mercado. Esta estrategia se suele dar cuando alterar la demanda se hace difícil (Chapman, 2006).

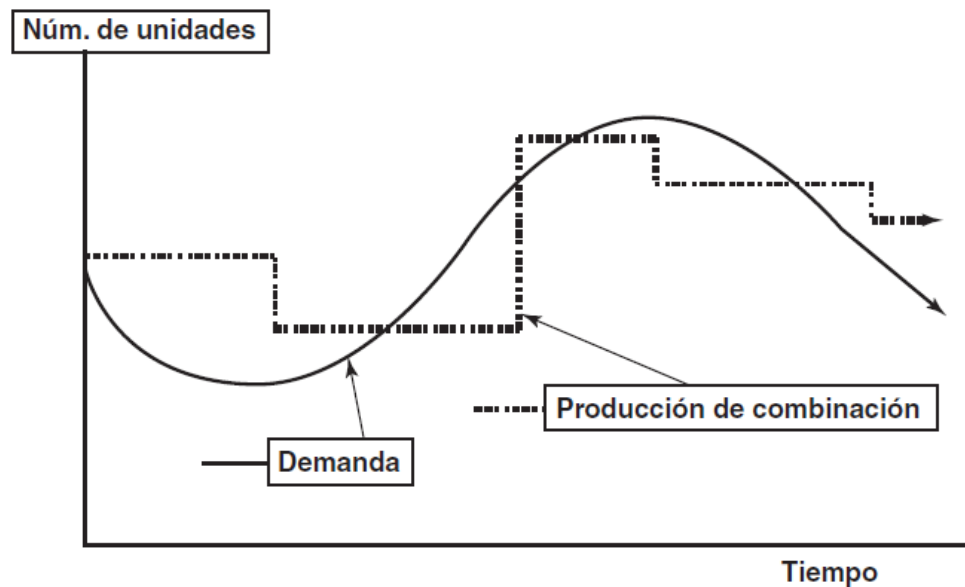
Figura 15. Patrón de demanda con producción de seguimiento.



Fuente: Tomado de Planificación y Control de la Producción, Stephen N. Chapman.

- **Combinación:**
En esta estrategia se altera tanto la demanda como los recursos para maximizar el desempeño. Es el más común en la industria (Chapman, 2006).

Figura 16. Ejemplo de una estrategia de combinación.



Fuente: Tomado de Planificación y Control de la Producción, Stephen N. Chapman.

Modelos de Programación Lineal para solución de problemas de Planeación Agregada

Los modelos de programación lineal se constituyen como una metodología para solucionar problemas de producción agregada. Estos identifican un plan óptimo para minimizar los costos relacionados con la producción de un bien. Dicho modelo nos ayuda a determinar la cantidad a producir, los turnos y las unidades que se deben conservar en el inventario. Una de las principales limitantes de los modelos de programación lineal consiste en que supone todos los costos lineales y en algunas ocasiones este supuesto no representa la realidad, ya que, simplifica el problema y lo reduce a dos simples objetivos, minimizar costos o maximizar la utilidad.

Uno de los modelos conocidos para la solución de problemas de planeación agregada por medio de programación lineal es el método de transporte, el cual, arroja el plan óptimo y minimiza los costos, también, se puede determinar la producción en horario ordinario y con horas extras, la cantidad de recurso a subcontratar, turnos extras y el nivel del inventario para cada uno de los periodos. Sin embargo, el método de transporte presenta una limitante cuando se introducen variables como contratos y despidos temporales, para esto se debe utilizar el método simple de programación lineal. Este último se utilizará en el presente proyecto con el fin de dar mayor alcance y obtener un resultado que refleje la realidad en una mayor medida, el cual, se desarrollará con mayor detalle en el capítulo de modelo planteado (Heizer & Render, 1997).

Otros métodos de solución de Planeación Agregada:

En la actualidad existen otros métodos que contribuyen a encontrar una solución a los problemas de planeación agregada, algunos de estos son:

- ❖ **Método de gráficas y tablas:**

Son populares debido a la facilidad para utilizar y por los pocos cálculos que se deben llevar a cabo. Funciona con pocas variables, sin embargo no siempre ofrecen la solución óptima al problema (Heizer & Render, 1997).

- ❖ **Regla de Decisión Lineal (LDR):**

Trata de especificar la tasa óptima de producción y la fuerza de trabajo. Minimiza los costos a través de una serie de curvas de costo cuadráticas (Heizer & Render, 1997).

❖ **Modelo de Coeficientes de Gestión:**

Consiste en un método heurístico, basado en experiencia de los directivos. Utiliza el análisis de la regresión de las decisiones de producción tomadas en tiempo pasado, dicha regresión genera una línea que permite establecer una relación entre variables (Heizer & Render, 1997).

❖ **Simulación:**

Utiliza un procedimiento de búsqueda para encontrar la mejor combinación entre las variables que intervienen en el problema. Es un modelo que se desarrolla computacionalmente (Heizer & Render, 1997).

❖ **Regla de búsqueda de decisiones:**

Es un modelo basado en algoritmos que buscan la mejor combinación de variables por medio de miles de iteraciones realizadas por un computador. Es un modelo heurístico y no brinda soluciones óptimas, sin embargo, se pueden probar diferentes soluciones y la sensibilidad en las variables (Heizer & Render, 1997).

PRONÓSTICOS

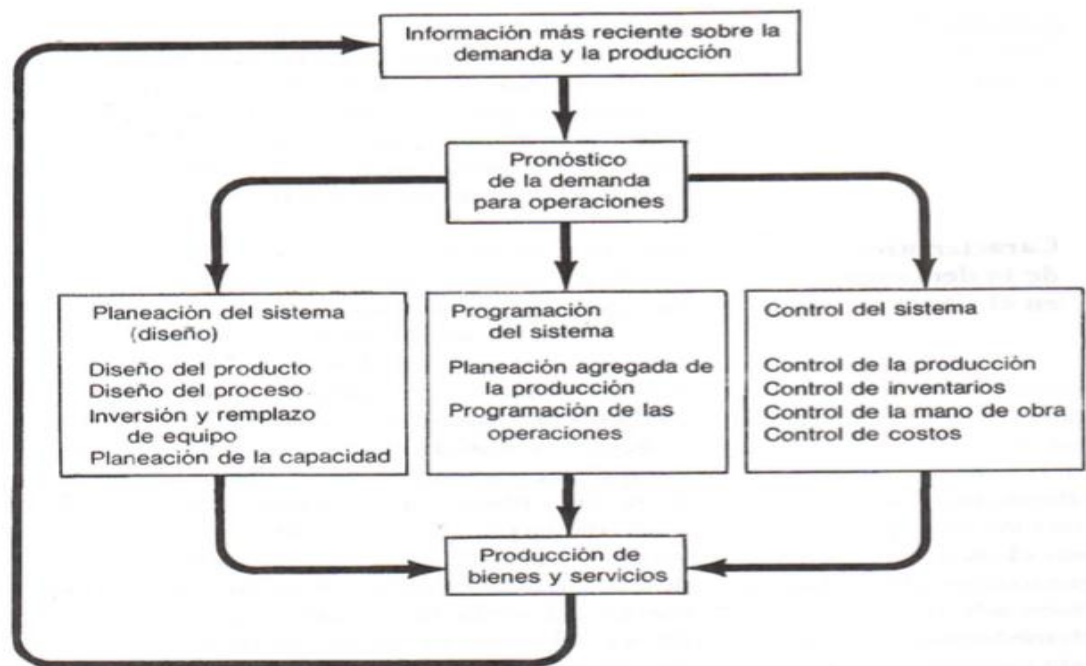
“El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.”
(Adam Jr. & Ebert, 1991)

Los pronósticos pueden aplicarse tanto para el proceso de planeación de un sistema, la programación y el control del mismo para la producción de bienes y servicios. Es importante tener en cuenta que la información de los pronósticos se

debe retroalimentar constantemente y así generar un ciclo continuo de la información.

Un esquema que puede explicar la aplicación de los pronósticos en las diferentes metodologías es el siguiente:

Figura 17. Esquema de producción/operaciones y de participación objetivo del mercado.



Fuente: Tomado de Administración de la Producción y las Operaciones de Adam Jr. T Ebert.

Los 3 elementos que hacen parte de los pronósticos son:

- ❖ El tiempo
- ❖ La incertidumbre
- ❖ La confianza en los datos históricos.

En muchas ocasiones por las condiciones del mercado no se cuentan con datos históricos y se debe confiar en el juicio y experticia de los analistas para realizar los pronósticos hacia escenarios futuros, en estos casos, se debe ser cuidadoso por presentar algún tipo de sesgo hacia la información.

Las empresas, en sus procesos de planeación, utilizan los pronósticos con el fin de establecer metas y se definan las estrategias a utilizar de manera precisa y oportuna. Adicionalmente, los agente económicos los utilizan con para la toma de decisiones como el retorno de la inversión, el ahorro y los beneficios para la empresa. (Montemayor, 2012)

También es importante tener en cuenta el horizonte de tiempo de los pronósticos:

- Corto plazo:
Máximo 3 meses y se usan para la toma de decisiones como producción, compras y mano de obra.
- Mediano plazo:
De 3 meses a 3 años. Se utilizan en la elaboración de presupuestos, estimados de ventas y flujos de efectivo.
- Largo plazo:
Más de 3 años. Se utilizan para predecir ventas de nuevos productos, introducción de nuevas tecnologías y para la expansión de nuevos mercados. (Montemayor, 2012)

Los métodos de pronósticos se dividen principalmente en dos: Los cualitativos y los cuantitativos. Los cuantitativos se utilizan generalmente cuando no se cuenta con datos históricos o cuando se realizan pronósticos a largo plazo y se generan a partir de la opinión de los expertos. Los cualitativos se utilizan cuando se tiene datos históricos.

Para representar todos los métodos de pronósticos que componen tanto los cualitativos como los cuantitativos se muestra el siguiente esquema:

Figura 18. Esquema de los diferentes tipos de pronósticos



Fuente: Tomado de **Métodos de Pronósticos para Negocios** de José Enrique Montemayor.

Métodos Cualitativos:

- **Pronóstico visionario:**
Se realiza a partir de la información que se tiene a la mano y no es necesario ser experto en el tema o en el mercado, sin embargo, el éxito de del pronóstico se encuentra en quien realice el dicho análisis.

- Analogía histórica:
Se realiza a partir de la experiencia que se tiene en cierto mercado, es decir, se puede aprovechar la experiencia pasada de un producto en cierto mercado para obtener los datos de un nuevo producto.
- Consenso de un panel:
Se realiza por medio de la experiencia de un grupo de estudio experto, el cual se reúne para analizar una situación y se llega a un consenso para establecer los valores futuros del pronóstico.
- Método Delphi:
Se realiza igualmente por medio de la experiencia de un grupo de estudio experto, sin embargo, en este caso no se reúnen sino que cada de sus pronósticos por separado para no crear sesgo en la información y al final se reúne la información y se establecen unos valores futuros consensuados.

Métodos Cuantitativos:

Los más comunes son los métodos de suavización, los cuales, usan los datos y la tendencia histórica para proyectarlas a futuro y obtener los resultados de interés. Entre estos se encuentran:

- Patrón horizontal (Estacionario):
 - Promedio móvil simple.
 - Promedio móvil de k periodos.
 - Suavización exponencial simple.
- Patrón de tendencia:
 - Suavización móvil doble.

- Suavización exponencial doble: Método de Brown.
 - Suavización exponencial doble: Método de Holt.
- Patrón estacional:
 - Suavización exponencial triple: Método de Winters (Montemayor, 2012).

12.3. MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO

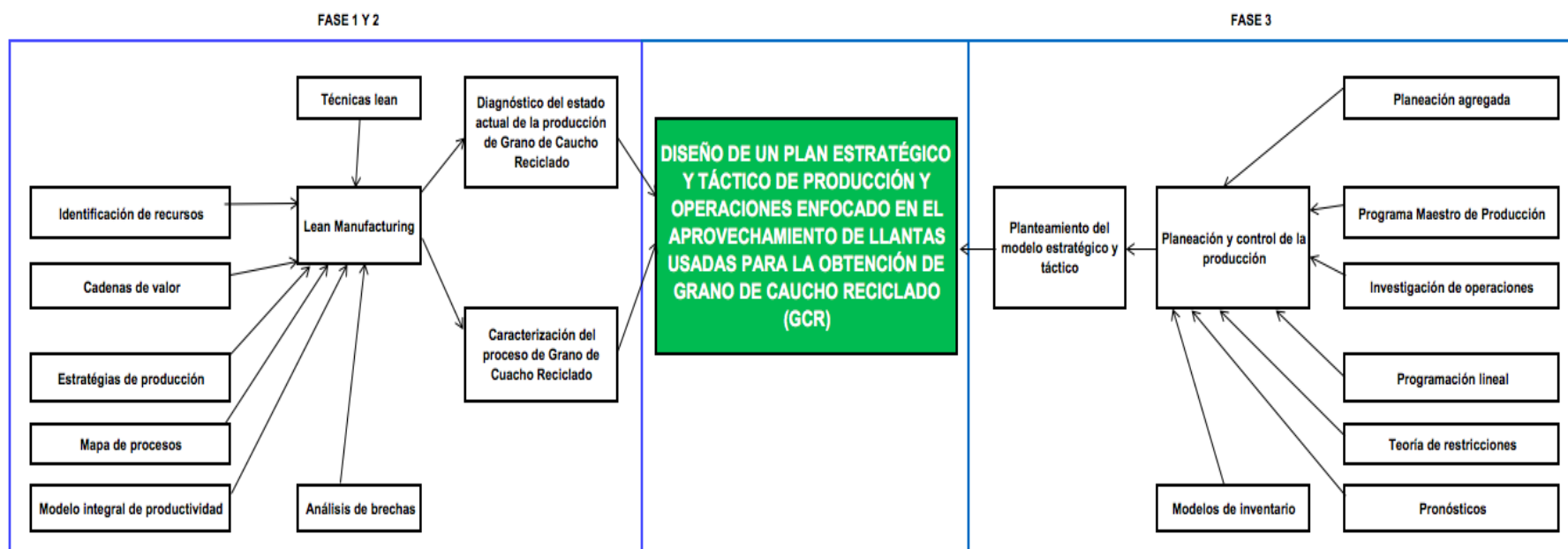
Figura 19. Marco Conceptual del Proyecto

FASE DEL PROYECTO (OBJETIVOS)		HERRAMIENTA O METODOLOGÍA UTILIZADA	TÉCNICAS	APLICACIÓN	RESULTADO ESPERADO	VARIABLES
1	Diagnóstico del estado actual de la producción de Grano de Caucho Reciclado	Lean Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> *Identificación de recursos *Cadenas de valor *Estrategias de producción *Mapa de procesos *Modelo Integral de Productividad *Análisis de brechas y decisiones estratégicas *Técnicas Lean 	Identificación de necesidades en cuanto a: <ul style="list-style-type: none"> *Reprocesos *Sobreproducción *Transporte *Almacenamiento *Esperas 	<ul style="list-style-type: none"> *Optimización de la eficiencia del proceso de producción *Disminución de costos de producción *Eliminación de desperdicios 	Dependiente Independientes Gestión Estratégicas
2	Caracterización del proceso de Grano de Caucho Reciclado					
3	Planteamiento del modelo estratégico y táctico	Planeación y control de la producción	<ul style="list-style-type: none"> *Planeación Agregada *Programa Maestro de Producción *Investigación de Operaciones *Programación lineal *Teoría de restricciones *Pronósticos *Modelos de inventario 	<ul style="list-style-type: none"> *Programación de la producción *Planeación de la producción *Inventarios *Cuellos de botella en el proceso 	<ul style="list-style-type: none"> *Optimización de tiempos *Mejor aprovechamiento de los recursos *Mejoramiento del nivel de servicio 	Dependiente Independientes Gestión Estratégicas

Fuente: Elaboración propia

12.4. MODELO CONCEPTUAL DEL PROYECTO

Figura 20. Modelo Conceptual del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

12.5. MARCO LEGAL

- RESOLUCIÓN 1457 DE 2010 (Julio 29) “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones”.
- DECRETO NACIONAL 1505 DE 2003: “Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”
- RESOLUCIÓN 6981 DE 2011 “Por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no confirmes en el Distrito Capital”.

13. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

- **Recepción y almacenamiento:**

Las llantas son descargadas por el personal encargado del almacén de materias primas, posteriormente son clasificadas dependiendo su tamaño y características en la zona dispuesta para tal fin.

- **Destalonado:**

El operador de la máquina de destalonado escoge la llanta que va a procesar del almacén, la transporta hacia la máquina, luego la ubica en esta y acciona el mecanismo que permite retirar los alambres que se encuentran en los laterales, una vez retirados, la llanta es llevada hacia la banda transportadora.

- **Triturado:**

Una vez la llanta ubicada en la banda transportadora, esta se desplaza hacia la planta de triturado donde se despedaza la llanta y se realiza una segunda separación de acero, donde según especificaciones técnicas se retira el 90% de este. Una vez sale de la máquina de triturado ingresa a una banda transportadora que conduce el producto hacia una clasificadora, el producto que cumple con las especificaciones pasa a la siguiente etapa, el que no, regresa a la máquina trituradora para ser reprocesado. En esta etapa se obtiene el primer producto comercial, el cual, se denomina Mulch. Cuando es requerido se retira el producto e ingresa directamente a la zona de empaque para ser almacenado.

- **Granulado:**

El producto que sigue en el proceso, ingresa a la banda transportadora que lo conduce hacia la planta granuladora. Como su nombre lo indica, la llanta que fue despedazada al pasar por la máquina se convierte en grano, aproximadamente, entre 44 y 16 milímetros. En esta etapa se obtiene el producto denominado Chip, sin embargo, para efectos del proyecto no se comercializará.

- **Pulverizado:**

Cuando sale del granulado pasa a una banda transportadora que conduce el producto al pulverizado, en esta etapa se retira el 90% de la fibra textil y el 99% de acero, obteniendo un producto que se ubica en la clasificación entre malla 10 y malla 20 o simplemente malla futbol, que es el producto que sirve especialmente para las canchas sintéticas. En esta etapa se retira un segundo producto para ser empacado y comercializado. El producto que sigue entra a una siguiente banda transportadora.

- **Pulverizado más fino:**

En esta etapa, se realiza exactamente el mismo proceso del anterior, a excepción de la separación del acero, produciendo un grano más fino al anterior, el cual, se considera malla 30 o superior, especial para las mezclas asfálticas. El producto pasa por una criba que permite la separación del caucho de la fibra textil restante, llegando hasta un 99% de pureza del producto.

- **Empacado:**

Por medio de un mecanismo neumático, el producto es absorbido para ser dirigido hacia las tolvas de alimentación que posteriormente lo depositan en las lonas donde se empaca el producto final.

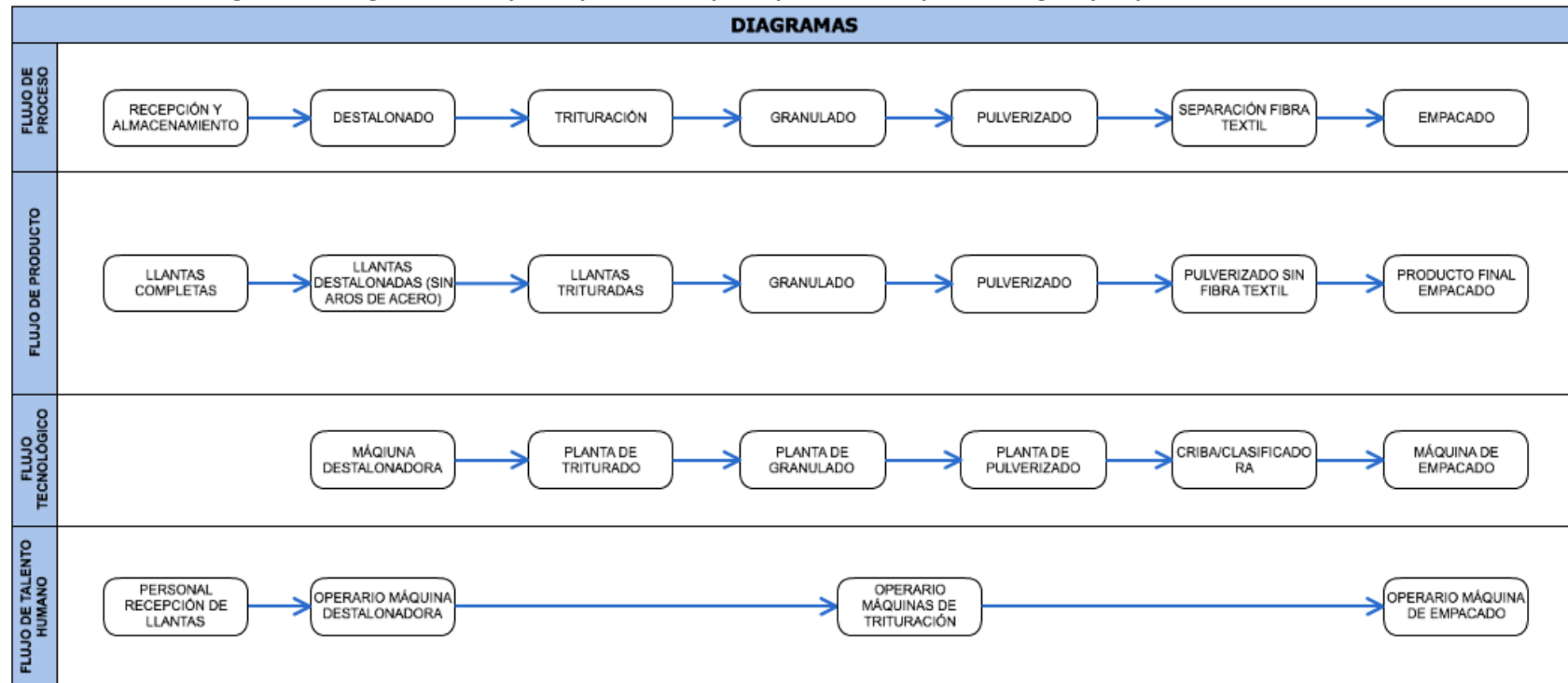
- **Almacenamiento de producto final:**

El producto una vez termina de empacarse es recogido en dicha zona y transportado hacia la zona de almacenamiento de empaque final. En esta zona el producto es ubicado dependiendo del tipo de granulometría para posteriormente ser despachado hacia los clientes finales.

El diagrama de procesos se puede observar en el **ANEXO A** del proyecto.

13.1. DIAGRAMA

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso, flujo de producto, flujo tecnológico y flujo de talento humano



Fuente: Elaboración propia.

14. MODELO AVANZADO DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

El diseño de un Modelo Avanzado de Producción y Operaciones para el aprovechamiento de las llantas que se encuentren en desuso nos permitirá explicar el proceso, los procedimientos y las operaciones que se llevan a cabo para la obtención de un producto final y de los resultados y objetivos esperados. El plan posee 3 objetivos básicos los cuales se nombran a continuación:

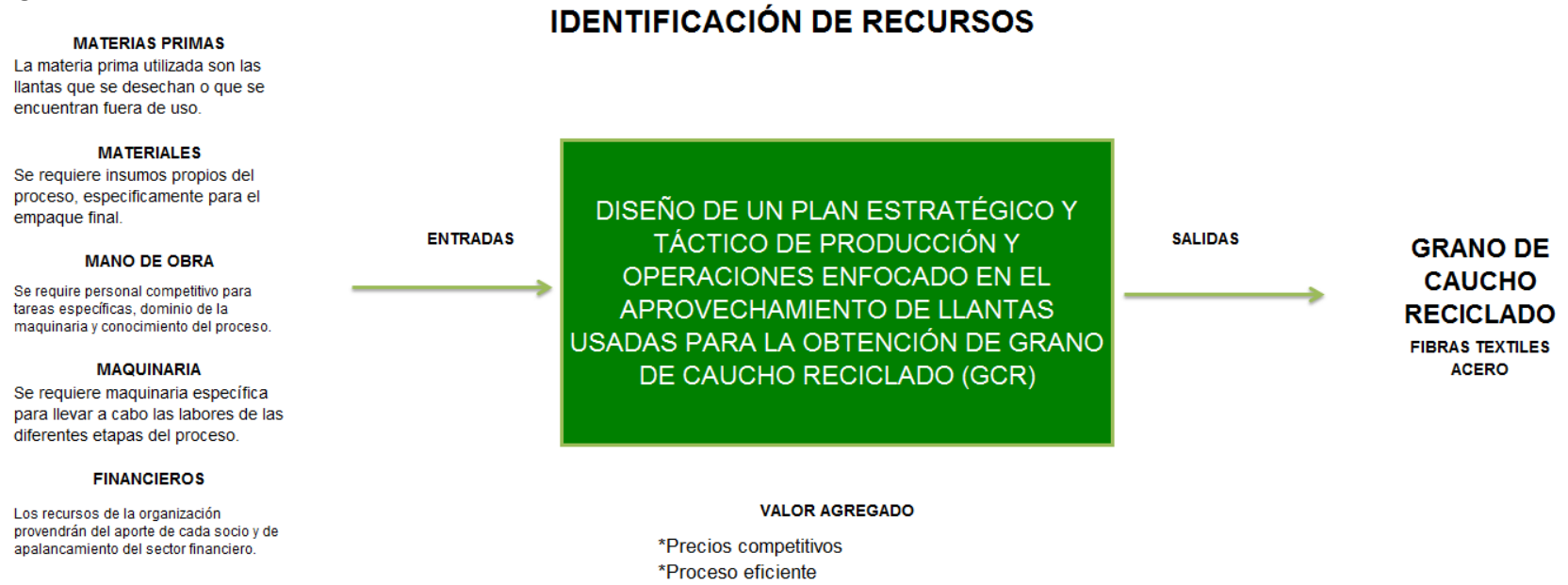
- Definir todas las actividades relacionadas para llevar a cabo el plan de producción y de operaciones.
- Describir los recursos necesarios, como instalaciones, maquinaria y equipo, recurso humano, materias primas, etc.
- Indicar la tecnología requerida, los sistemas de gestión de la calidad, políticas de inventarios, las medidas medioambientales necesarias a tomar, entre otros.

El proceso de planeación nos permite conocer hacia donde nos queremos dirigir, con qué medios, recursos, los pasos y cuánto tiempo nos va a requerir cumplir el plan. En primero instancia, se debe realizar un minucioso estudio de los hechos presentes para conocer el entorno, al igual que con los antecedentes para tener las consideraciones necesarias para poder fijar objetivos de producción y de operaciones. En segunda instancia, se deben fijar los objetivos del plan, los cuales deben ser establecidos de acuerdo al orden e importancia en relación a una jerarquía de objetivos en función de la contribución del plan de producción y operaciones. Por último, la creación del plan de producción y operaciones será el instrumento que nos permita cumplir con el objetivo final, establecer la cantidad de recurso físico y humano mediante la definición de actividades y tareas y evaluar la factibilidad para llevarlo a cabo. La ejecución del plan también nos va a permitir realizar la planeación en los dos niveles, estratégico y táctico.

Todo proceso consta de entradas, salidas y una etapa de transformación. Por medio de la siguiente gráfica se realiza un esquema para la identificación principalmente de los recursos que entran al proceso, para este caso se identifican materias primas, materiales o insumos, mano de obra, maquinaria, recursos financieros y recursos gerenciales. Para las salidas obtendremos como producto principal el Grano de Caucho Reciclado y como subproductos del proceso las fibras textiles y el acero. En la mitad se encuentra una caja negra el cual es el proceso de transformación del producto y será el motivo de estudio del presente trabajo.

Figura 22. Identificación de los recursos

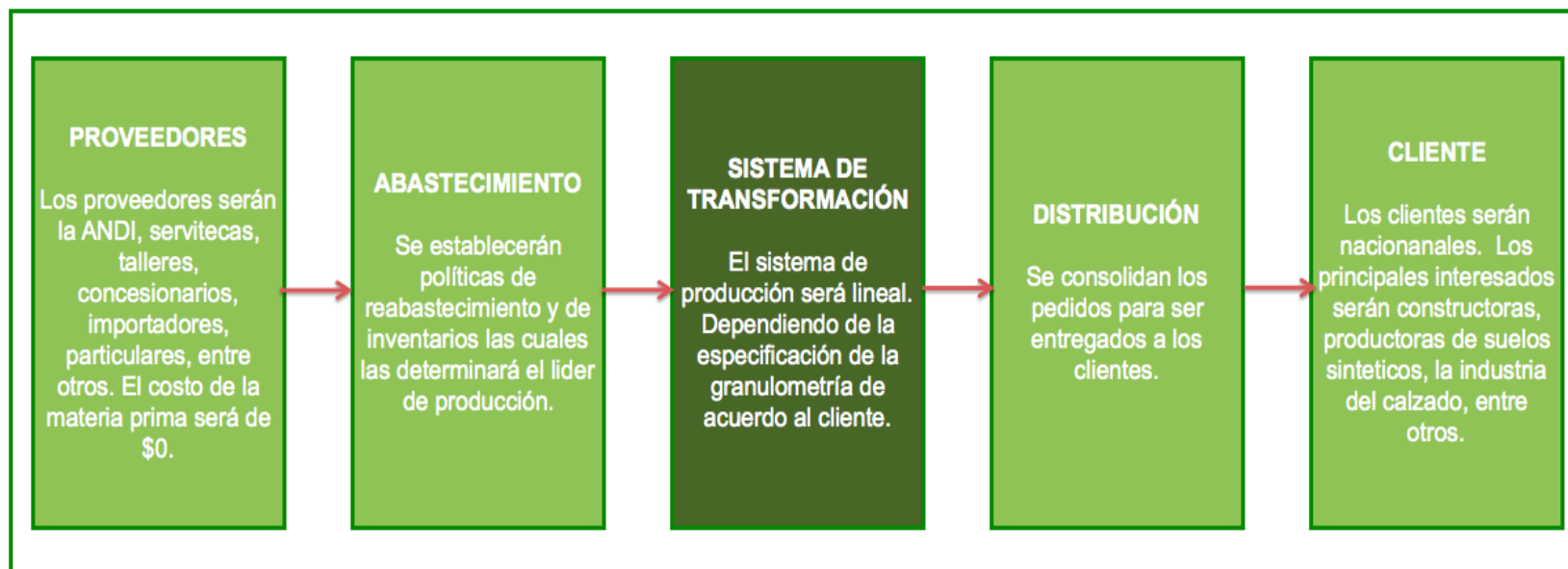
68



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Cadena de valor del sistema

CADENA DE VALOR



Fuente: Elaboración propia

La cadena de valor, representa la cadena de suministro y la característica de cada uno de los actores en la misma. Esta comienza con unos proveedores que para el caso del Grano de Caucho Reciclado serán la ANDI y todos aquellos negocios que de una u otra forma tengan relación con comercialización, importación y distribución de llantas. Luego se encuentra el Abastecimiento y el Sistema de Transformación, el cual como se refleja en la gráfica es el producto principal a obtener. Posteriormente encontramos el sistema de distribución y por último el cliente, los cuales serán de carácter nacional y sus principales interesados son las empresas constructoras, productoras de suelos sintéticos, industria del calzado, entre otras.

Estrategias de Producción:

Las estrategias de producción nos permiten identificar cuáles son las acciones que se tomarán para cumplir con los objetivos planteados. Para el caso se identificaron cuatro estrategias principales las cuales giran en el torno al precio, el producto, la calidad y el nivel de servicio al cliente. Para cada estrategia planteada se tendrá un indicador que nos permitirá medir la efectividad o el impacto que tiene cada una sobre el proceso de producción.

Tabla 9. Estrategias de producción

OBJETIVOS	INDICADOR OBJETIVO	ESTRATEGIAS
PRECIO	$(\text{Costo Estandar de Fabricación} - \text{Costo Real de Fabricación}) / \text{Costo Estandar de Fabricación}$	*Mejor aprovechamiento y utilización de maquina y recurso humano.
PRODUCTO	Cantidad de GCR producida por mes.	Producir mas a menor costo.
CALIDAD	$(\text{Cantidad total de devoluciones} / \text{Cantidad total de despachos}) * 100$	Establecer un estándar de la mezcla de GCR, para la satisfacción del cliente
CANTIDAD Y TIEMPO SOLICITADO	$(\text{Tiempo Real de Producción} / \text{Tiempo Programado de Producción}) * 100$	Garantizar la materia prima, maquinas en servicio, y logística a necesidad del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Modelo Kano

El modelo Kano nos permite identificar los atributos que tiene determinado bien o servicio y que son de interés para el cliente. En el modelo Kano planteado, se identifican 4 variables que a su vez son atributos del producto y se realiza un análisis de cada una de ellas. Las variables identificadas en el modelo son calidad, plazo de entrega, costo y la flexibilidad del proceso.

Tabla 10. Estrategias de producción 2

MODELO KANO

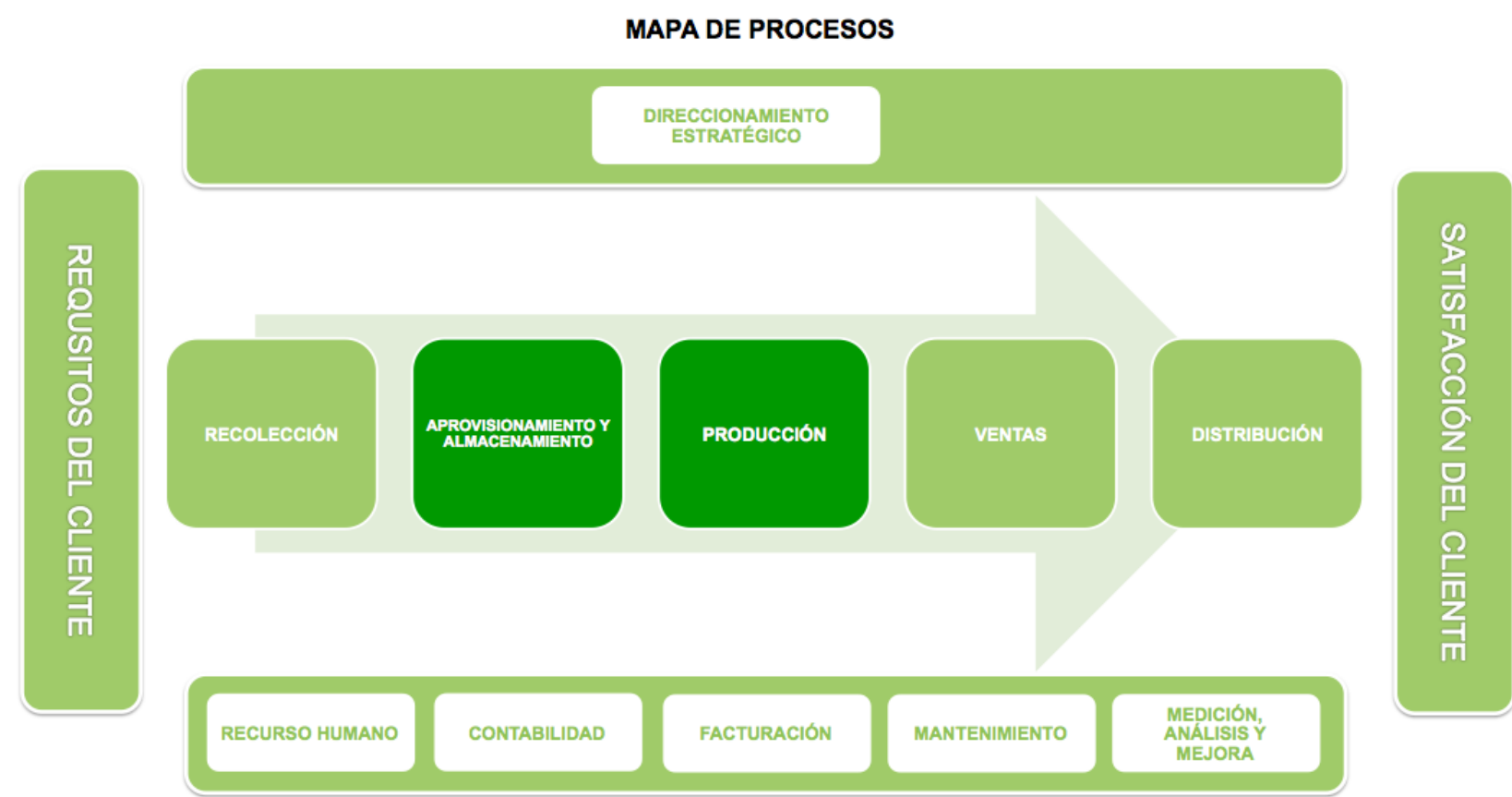
VARIABLE	ANÁLISIS
CALIDAD	La calidad del GCR depende del tipo de mezcla que necesiten los clientes.
PLAZO DE ENTREGA	El plazo de entrega será acordado con el cliente previo a la compra dependiendo del producto que necesite y la cantidad requerida.
COSTO	El costo estará compuesto por la mano de obra y los recursos consumidos, no incluye costo de materia prima. También podrían incurrirse en costos por transporte.
FLEXIBILIDAD	Alta flexibilidad para producir diferente granulometría del GCR dependiendo de los requerimientos del cliente.

Fuente: Elaboración propia

Mapa de Procesos

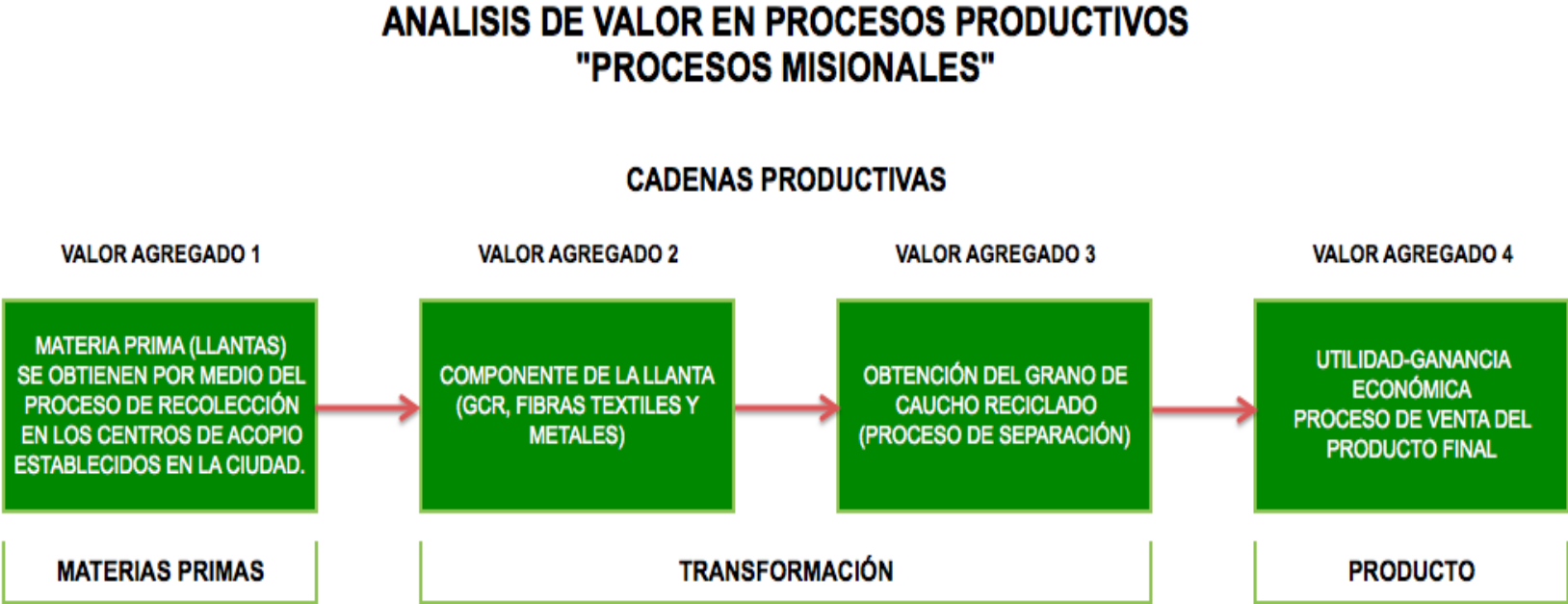
El mapa de procesos nos permite identificar cuáles son los procesos que intervienen en una organización. A continuación se presenta un mapa de procesos planteado el cual consta de 3 tipos de procesos, los estratégicos, los misionales y los de apoyo. Entre los procesos estratégicos se ubicó el Direccionamiento Estratégico de la organización, el cual también podría denominarse como la Gerencia, la cual se encarga de toda la planeación a largo plazo. Entre los procesos misionales o de cadena de valor, los cuales son los que permiten que el Grano de Caucho Reciclado llegue hasta el cliente bajo las condiciones deseadas, se establecieron cinco, entre ellos, recolección, aprovisionamiento y almacenamiento, producción, ventas y distribución por último. Y los procesos de apoyo que son los que soportan la ejecución de los procesos misionales y de direccionamiento estratégico se establecieron cinco, recursos humanos, contabilidad, facturación, mantenimiento y medición, análisis y mejora. A continuación se presenta el esquema de mapa de procesos para la producción de Grano de Caucho Reciclado.

Figura 24. Mapa de procesos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Análisis de valor de los procesos misionales



Fuente: Elaboración propia.

Modelo Integral de Productividad:

La siguiente información está basada en el libro “Modelo Integral de Productividad, una visión estratégica” del Ingeniero Jorge Eduardo Medina.

El objetivo principal del Modelo Integral de Productividad es “*generar estrategias de optimización de la productividad y analizar los diferentes procesos empresariales, las metodologías de gestión utilizadas y el manejo de los insumos tangibles e intangibles que inciden en su mejoramiento, a partir de la evaluación de la estrategia empresarial*” (Medina, 2007).

El modelo propone la administración de factores claves y tiene en cuenta las siguientes variables:

- El diagnóstico del proceso de creación de valor y de la propuesta de valor para los clientes.
- Diagnóstico de la gestión estratégica empresarial.
- La alineación de los recursos empresariales alrededor de los objetivos y estrategias.
- Las metodologías para realizar la administración de los procesos empresariales utilizados para la optimización de la productividad y calidad.
- Una metodología para el diseño de indicadores de gestión a partir del cliente.
- La gestión sobre los costos y activos empresariales.
- El sistema de calidad y mejoramiento continuo.

La metodología del modelo consiste:

- Aplicar la guía de diagnóstico: Diseñada para evaluar las áreas y procesos que inciden directamente con la productividad de la organización.

- Evaluar la estrategia empresarial: Diseñada para evaluar la propuesta de valor de la organización hacia los clientes.
- Implementar el modelo de gestión: Implementación de un sistema integrado de gestión orientado a la consecución de objetivos empresariales. Incluye diseño de un sistema de indicadores, sistema de administración de costos y activos y sistema de calidad y mejoramiento continuo.

“El modelo, entonces, constituye una metodología de administración de los factores claves para la optimización de la productividad.” (Medina, 2007)

Para la producción de Grano de Caucho Reciclado se identificaron los siguientes insumos.

Tabla 11. Modelo integral de productividad

INSUMOS	DESCRIPCIÓN
INVERSIÓN	La inversión inicial se realizará con aporte de los socios y apalancamiento financieros con entidades financieras. Las utilidades arrojadas por el negocio se reinventirán entre el 20% y el 25% en ampliación de la capacidad y tecnología.
PROCESOS ESTRATÉGICOS	Direccionamiento Estratégico
PROCESOS DE APOYO	Recurso Humano, Contabilidad, Facturación, Mantenimiento y Medición, Análisis y Mejora
PROCESOS MISIONALES	Recolección, Almacenamiento y Aprovisionamiento, Producción, Ventas y Distribución
CAPACIDAD DE OPERACIÓN	La capacidad de la operación está determinada principalmente por la maquinaria a disposición y por el espacio físico para el almacenamiento y la operación.
MODELO DE GESTIÓN	Establecimiento de sistema de indicadores, calidad y de mejoramiento continuo.
VALOR AGREGADO DEL PROCESO	*Componente de la llantas *Obtener el GCR *Utilidad de la venta del GCR

Fuente: Elaboración propia.

15.RESULTADO DEL ANÁLISIS DE BRECHAS Y GENERACIÓN DE ESTRATEGIAS

El análisis de brechas consiste en realizar un estudio e identificar las posibles barreras que se pueden presentar en la consecución de los objetivos. Se tomarán decisiones con respecto al proceso, la capacidad, los inventarios, talento humano, calidad, innovación y tecnologías. El resultado obtenido se refleja en la siguiente gráfica.

Tabla 12.Decisiones estratégicas para el análisis de brechas

DECISIONES ESTRATÉGICAS

PROBLEMÁTICA	TIPO DE DECISIONES	DECISIONES
Variaciones de procesos.	PROCESO	Estandarización del proceso de producción y de la logística interna.
Planeación de la capacidad de la planta según demanda de producto.	CAPACIDAD	Establecimiento de metodologías para calcular la capacidad de la planta física y de la maquinaria necesaria para cumplir con la demanda planeada.
Disponibilidad de inventarios para llevar a cabo el proceso de producción. Disponibilidad de espacio para almacenar las llantas.	INVENTARIOS	Establecimiento de políticas de inventarios, stock de seguridad, stock mínimo, punto de reorden, entre otros.
Personal competente para llevar a cabo el proceso de producción.	TALENTO HUMANO	Establecer reglamento de trabajo y manuales de funciones. Contratación de personal competente de acuerdo a las funciones del cargo.
Satisfacción del cliente, variedad de productos.	CALIDAD	Establecer sistemas integrales de gestión de calidad. Establecer estándares de calidad del producto final y de la materia prima.
Campo de acción del producto en Colombia todavía es muy estrecho.	INNOVACIÓN	Buscar nuevos mercados para la aplicabilidad del producto terminado.
Productividad y eficiencia de procesos.	TECNOLOGÍA	Adquirir maquinaria con la tecnología adecuada que permita la eficiencia del proceso para obtener índices de productividad alto.

Fuente: Elaboración propia.

16. ANÁLISIS ESTRATÉGICO EXTERNO

Para entender cómo se trabajará la demanda en el mercado de Grano de Caucho Reciclado (GCR) se entenderá que es la compra de bienes y servicios en la que participan todos los consumidores del producto. Para el proyecto se define que los consumidores serán constructoras de mallas viales, empresas fabricantes de canchas sintéticas y hatos que requieran el Grano de Caucho Reciclado (GCR) como materia prima o en sus diferentes procesos de producción.

En este proyecto se tomará como referencia la demanda que se requiere de Grano de Caucho Reciclado (GCR) para realizar mezclas bituminosas usadas en la construcción de mallas viales.

En la construcción de las mallas viales se tendrá en cuenta los proyectos nacionales y locales que está impulsando el gobierno nacional y local.

A nivel nacional el ministerio de transporte por intermedio del INVIAS y la ANI ha comenzado a otorgar las licitaciones de las carreteras 4G, donde se espera construir anualmente 300Km, hasta el año 2020 cuando terminaría la construcción de este tipo de vías.

De acuerdo a investigaciones realizadas para la construcción de un kilómetro de vías se requiere:

$$1 \text{ km} = 35,64 \text{ T de GCR}$$

Por lo tanto para los kilómetros proyectados en las carreteras 4G se requiere la siguiente cantidad de Grano de Caucho Reciclado:

$$300\text{km/año} = 10.692 \text{ T/año de GCR}$$

Si tomamos solo el 15% de ese mercado tendríamos una demanda de producto así:

$$10692 \frac{T}{\text{año}} * 15\% = 1603,8 \frac{T}{\text{año}} \text{ de GCR}$$

En Bogotá actualmente se cuenta con 15547 Km de malla vial urbana de las cuales el 40% se encuentra en malas condiciones (6.219km), el 20% en regular estado (3.109 km) y solo el 40% de encuentra en buen estado (6.219 km) (Oficina asesora de comunicaciones-IDU, 2015), si la ciudad decidiera reparar y mantener los kilómetros de vía a 10 años, que se encuentran en malas condiciones y en regular estado tendría que trabajar en la siguiente de cantidad de kilómetros por año:

$$\frac{9328 \text{ Km}}{10 \text{ años}} = 932,8 \text{ km/año}$$

De acuerdo a esta cantidad de kilómetros en la ciudad de Bogotá para reparar y mantener se necesitaría, tomando solo el 15% de los kilómetros:

$$932,8 \text{ km} * 15\% = 139,92 \text{ km}$$

$$139,92 \text{ km} * 35,64 \text{ T} = 4986,74 \frac{T}{\text{año}} \text{ de GCR}$$

Es decir que para realizar mezclas bituminosas usadas en las mallas de viales del país y Bogotá se requieren:

$$1603,8 \frac{T}{\text{año}} + 4986,74 \frac{T}{\text{año}} = \mathbf{6590,54 \frac{T}{\text{año}} \text{ de GCR}}$$

Para el mercado de canchas sintéticas no se tiene un dato claro acerca del consumo de este producto en ese mercado, así mismo ocurre en las pesebreras.

17.MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PLANTEADO

El modelo de programación lineal, como se indicó anteriormente, tiene como característica principal que todos los costos de producción, subcontratación, ventas perdidas, inventario, pedidos retrasados, contratación y despido, de tiempo regular, de tiempo ocioso y de horas extras son lineales. La solución de problemas de planeación agregada por medio de programación lineal no permite el cálculo de costos de trabajadores contratados por medio tiempo.

El modelo general de programación lineal para la solución del problema de planeación agregada para el caso de la planta de producción de Grano de Caucho Reciclado (GCR) está dado por medio de la definición de las siguientes variables:

Tabla 13. Variables del modelo de programación lineal.

i	Índice para los periodos, $i = 1, 2, \dots, 12$
n	Número total de periodos (meses)
x	Cantidad de unidades producidas en toneladas
y	Cantidad de unidades subcontratadas
I	Inventario en toneladas
H	Cantidad de empleados contratados
F	Cantidad de empleados despedidos
R	Cantidad de tiempo regular usado
U	Cantidad de tiempo ocioso
O	Cantidad de tiempo extra
W	Cantidad de recurso
D	Participación objetivo del mercado
t	Capacidad requerida por unidad
CI	Costo de mantener inventario por unidad
CH	Costo de contratar por empleado

CF	Costo de despedir por empleado
CR	Costo de tiempo regular por hora por empleado
CU	Costo de tiempo ocioso por hora por empleado
CO	Costo de tiempo extra por hora por empleado
CP	Otros costos de producción por unidad
MW	Capacidad en tiempo regular por empleado
MO	Capacidad en tiempo extra por empleado
MW	Máxima cantidad de empleados permitida
SS	Inventario de seguridad en toneladas
MI	Máximo inventario final permitido en toneladas

Fuente: Tomado y modificado del tutorial de WinQSB.

La función objetivo está dada por la siguiente ecuación:

Minimizar:

$$\sum_{i=1}^{12} [\mathbf{CP(i)} * \mathbf{x(i)} + \mathbf{CH(i)} * \mathbf{H(i)} + \mathbf{CF(i)} * \mathbf{F(i)} + \mathbf{CR(i)} * \mathbf{R(i)} + \mathbf{CU(i)} * \mathbf{U(i)} + \mathbf{CO(i)} * \mathbf{O(i)}]$$

,

Sujeto a:

$$(1) \quad x(i) + y(i) + z(i) + I(i - 1) - D(i) = I(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

La ecuación (1) representa la relación de alternativas de producción para satisfacer la demanda y el equilibrio de inventario.

$$(2) \quad W(i - 1) + H(i) - F(i) = W(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

La ecuación (2) representa la relación del nivel de recursos (mano de obra) con la contratación y el despido.

$$(3) \quad R(i) + U(i) \leq MW(i) * W(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

La desigualdad (3) representa la capacidad de tiempo regular total.

$$(4) \quad O(i) \leq MO(i) * W(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

La desigualdad (4) representa la capacidad total de las horas extras.

$$(5) \quad t x(i) \leq R(i) + O(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

Desigualdad (5) muestra la necesidad total de la capacidad de producción.

$$(6) SS(i) \leq I(i) \leq MI(i) \text{ para } i = 1 \text{ hasta } 12$$

Desigualdad (6) muestra los límites (límites) de las variables o parámetros correspondientes.

Para la solución del modelo de programación lineal planteado se utilizará la herramienta informática denominada WinQSB, el cual, es un paquete estadístico que presenta 10 métodos de solución para problemas de planeación de agregada de acuerdo con la estrategia que se adecue más a la empresa o al modelo de negocio propuesto.

Las 10 estrategias que se pueden emplear son las siguientes:

1. Producción media constante:

Mediante el uso de este método, la cantidad de producción Q , para cada período es igual a la necesidad promedio durante el horizonte de planeación. El programa tratará de producir la mayor cantidad en relación a la capacidad en hora regular tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, es decir $Q - q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas de las alternativas permitidas: horas extras, subcontratación, ventas perdidas, pedido pendiente, contratación y despido.

2. Producción media periódica:

Mediante el uso de este método, la cantidad de producción Q , para cada período k es igual al requisito de cada uno de los periodos. El programa tratará de producir la mayor cantidad en relación a la capacidad en hora regular tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, es decir $Q - q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas

de las alternativas permitidas: horas extras, subcontratación, ventas perdidas, pedido pendiente, contratación y despido.

3. Producción constante/Mano de Obra constante:

Sea C la capacidad de tiempo regular total de un recurso o de mano de obra en el horizonte de planificación, U el requisito de capacidad de la unidad por producto, y Q sea el requerimiento total en el horizonte de planificación. El recurso hora regular constante o mano de obra se calcula de la fórmula $Q * T / C$. El programa tratará de producir para la demanda, D , por la capacidad hora regular tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, si $D - q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas de las alternativas permitidas: horas extras, la subcontratación, ventas perdidas y pedido pendiente. La contratación y el despido no están permitidos, excepto el primer período.

4. Producción máxima con mano de obra constante:

Mediante el uso de este método, el programa tratará de producir para la demanda, D , por la capacidad hora regular tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, si $D - q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas de las alternativas permitidas: horas extras, la subcontratación, post-venta perdidas y pedido pendiente. La contratación y el despido no están permitidos.

5. Producción constante con mínimo de mano de obra:

Sea C la capacidad de tiempo ordinario total de un recurso o de mano de obra en el horizonte de planificación, U el requisito de capacidad de la unidad por producto, y Q sea el requisito mínimo en el horizonte de planificación. El recurso ordinario mínimo constante de tiempo o de la fuerza de trabajo se calcula de la fórmula $Q * U * n / C$. El programa tratará de producir para la demanda, D , por el recurso ordinario mínimo tiempo o

fuerza de trabajo tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, si $D-q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas de las alternativas permitidas: horas extras, la subcontratación, ventas perdidas y pedido pendiente. La contratación y el despido no están permitidos, excepto el primer período.

6. Persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular:

Mediante el uso de este método, el programa tratará de producir el requerimiento de cada período de sólo la capacidad de tiempo regular. La insuficiente capacidad será contratada y de la capacidad que no sea necesaria serán despedidos.

7. Persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular y horas extras:

Mediante el uso de este método, el programa tratará de producir el requerimiento de cada período en el tiempo regular y horas extras. La insuficiente capacidad será contratada y de la capacidad que no sea necesaria serán despedidos.

8. Persecución de la demanda sin despidos ni contratación de mano de obra:

Mediante el uso de este método, el programa tratará de producir el requerimiento de cada período en el tiempo regular y horas extras. La insuficiente capacidad se proporcionará en base a las prioridades específicas de las alternativas permitidas: subcontratación, ventas perdidas, y pedido pendiente. La contratación y el despido no está permitido.

9. Usuario asigna/ajusta producción:

Mediante el uso de este método, el usuario asigna la cantidad de producción, Q . El programa tratará de producir la cantidad por la capacidad hora regular tanto como sea posible, siendo esta q . La cantidad restante, si

$Q-q > 0$, se proporcionará sobre la base de las prioridades específicas de las alternativas permitidas: horas extras, subcontratación, ventas perdidas, pedidos pendientes, contratación y despido.

10. Programación Lineal solución óptima:

Este método resuelve el modelo LP anterior por el simplex revisado para obtener el programa de producción de costo óptimo. (*Tutorial WinQSB*)

17.1. JUSTIFICACIÓN DE DATOS

❖ Participación objetivo del mercado:

Para calcular la participación objetivo del mercado se utilizarán algunos datos que se encuentran en el mercado con respecto a la generación de llantas anualmente principalmente en Bogotá debido a que no se cuenta con un registro histórico que permita utilizar un método estadístico o matemático para calcular los datos futuros.

Según el Runt, el parque automotor en Colombia vigente e inscrito en dicha entidad es de 11'291.000 de los cuales efectivamente se encuentra rodando unos 7'386.012. De esta cifra la cantidad de motos corresponde a 3'331.390 y de vehículos 4'054.622. (Revista Motor, 2015). La cantidad de llantas que se generan anualmente corresponde a 2'462.004 según la misma fuente. De acuerdo al DANE, la cantidad generada es de 2'216.000 y la tasa de producción de las mismas va de acuerdo a la siguiente gráfica:

Tabla 14. Tasa de producción de llantas mes a mes.

MES	TASA DE PRODUCCIÓN
Enero	6%
Febrero	7%
Marzo	7%
Abril	7%
Mayo	7%
Junio	8%
Julio	8%
Agosto	8%
Septiembre	10%
Octubre	10%
Noviembre	10%
Diciembre	11%

Fuente: DANE

Según un informe de la Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá la cantidad de llantas generadas anualmente es de 2'059.555 como se muestra a continuación.

Tabla 15. Generación de llantas en Bogotá

TIPO DE VEHÍCULO	A	B	C	D	E	F	G
	Número de vehículos	Llantas / Vehículo ¹	A x B	I _{GLL} ²	Llantas Generadas al año	Reencauche	Ajuste por Reencauche
PARTICULAR (91%)			Total llantas en uso				
Automóvil R-13	637,637	4	2,550,548	1.72	1,096,735		1,096,735
Automóvil R-14	63,063	4	252,252	1.72	108,468		108,468
Camión	18,200	6	109,200	4.50	81,900	31,121	50,779
Camioneta	81,900	4	327,600	2.60	212,940		212,940
Campero	72,800	4	291,200	1.68	122,304		122,304
Motos	36,400	2	72,800	1.32	48,048		48,048
SUB – TOTAL	910,000		3,603,600		1,670,395	31,121	1,639,274
PÚBLICO (9%)	Número	Llantas / Vehículo	Total llantas en uso	I_{GLL}	Llantas Generadas al año	Reencauche	Ajuste por Reencauche
Taxi R-13	49,959	4	199,836	4.00	199,836		199,836
Taxi R-14	4,941	4	19,764	4.00	19,764		19,764
Bus	11,700	6	70,200	7.20	84,240	32,011	52,229
Buseta	9,900	4	39,600	4.00	39,600	15,048	24,552
Camioneta	5,400	4	21,600	2.80	15,120		15,120
Campero	3,600	4	14,400	2.00	7,200		7,200
Microbus / Colectivo	4,500	4	18,000	5.20	23,400		23,400
SUB – TOTAL	90,000		383,400		389,160	47,059	342,101
TOTAL	1,000,000		3,987,000		2,059,555	78,180	1,981,375

FUENTE: Unión Temporal OCADE LTDA / SANIPLAN / AMBIENTAL S.A.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se puede inferir que:

- La cantidad de llantas en el mercado disponibles para ser procesadas a Grano de Caucho Reciclado es de 2´462.004.
- Con la tasa de producción mensual de llantas se puede calcular la cantidad de llantas mensualmente.
- La cantidad de Grano de Caucho Reciclado en promedio por cada llanta es de 7,5 Kg.
- La participación en el mercado es del 15%.
- Lo calculado se destina para mezclas bituminosas el cual corresponde al 70% del mercado, sin embargo, se le debe sumar el mercado para malla tipo fútbol un 20% y para Mulch un 10%.

La demanda proyectada para cada mes será la siguiente:

Tabla 16. Participación objetivo del mercado para cada mes.

MES	TASA DE PRODUCCION	VENTAS	TONELADAS LLANTAS	MERCADO A ABARCAR (70%)	FUTBOL Y MULCH (30%)	PARTICIPACION OBJETIVO
enero	6%	157.454	1.181	177	76	253
febrero	7%	171.768	1.288	193	83	276
marzo	7%	178.925	1.342	201	86	288
abril	7%	178.925	1.342	201	86	288
mayo	7%	178.925	1.342	201	86	288
junio	8%	186.082	1.396	209	90	299
julio	8%	193.239	1.449	217	93	311
agosto	8%	200.396	1.503	225	97	322
septiembre	10%	236.181	1.771	266	114	380
octubre	10%	250.495	1.879	282	121	403
noviembre	10%	257.652	1.932	290	124	414
diciembre	11%	271.966	2.040	306	131	437

Fuente: Elaboración propia.

❖ **No. Inicial de trabajadores**

El numero inicial de trabajadores que se requieren para la planta es de 9, de los cuales, 3 son operadores de maquinaria y los otros 6 corresponde a los almacenistas. Para el modelo propuesto solo se realizará la planeación del personal que se encarga del manejo de los materiales de la planta, ya que, los operadores de maquinaria no afectan la capacidad de producción de la misma.

❖ **Horas hábiles:**

De acuerdo al calendario del año 2016 y teniendo en cuenta que el horario de trabajo son 8 horas diarias de lunes a viernes y 4 horas para el día sábado se determinó que la cantidad de horas hábiles por cada mes son las siguientes:

Tabla 17. Horas hábiles por cada mes del año.

MES	HORAS HÁBILES
Enero	145
Febrero	159
Marzo	152
Abril	162
Mayo	152
Junio	159
Julio	148
Agosto	166
Septiembre	166
Octubre	155
Noviembre	159
Diciembre	162

Fuente: Elaboración propia

Es importante aclarar que cada día se tiene establecido 1 hora de preparación de las máquinas.

❖ **Costo hora regular/trabajador:**

Con el fin de determinar el precio de la hora regular por trabajador en primera instancia se determinaron los salarios del personal operativo.

Operador de máquina: \$1'000.000

Almacenista: \$875.000

En segundo lugar, se estableció que se requieren 6 personas encargadas del manejo de los materiales o almacenistas según las especificaciones del proveedor de la planta EcoGreen Equipment. Los operadores de máquinas son 3, sin embargo, estos no se considerarán en el modelo, ya que, al aumentar su cantidad no varía la capacidad de producción de la planta.

Teniendo en cuenta, el salario básico más las prestaciones sociales de cada trabajador y que la base de horas mensualmente se encuentra en 240, el costo real de cada trabajador es el siguiente:

Tabla 18. Costo por trabajador incluyendo prestaciones sociales, seguridad social y otros.

SALARIO BASE	875.000
SALARIO MENSUAL	875.000
VALOR HORA	3.646
AUXILIO DE TRANSPORTE	74.000
DEVENGADO TOTAL	949.000

PRESTACIONES SOCIALES		
PRIMA DE SERVICIO	8,34%	79.147
CESANTIAS	8,34%	79.147
INTERESES A LAS CESANTIAS	1,00%	9.490
VACACIONES	4,17%	36.488
TOTAL PRESTACIONES	21,85%	204.271

SEGURIDAD SOCIAL		
SALUD	0,00%	-
PENSION	8,00%	70.000
ARL	2,436%	21.315
TOTAL S. SOCIAL	10,436%	91.315

CAJA DE COMPENSACION	4%	35.000
ICBF		
SENA		

TOTAL	1.279.586
--------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Tabla de riesgo para calcular porcentaje por concepto a ARL.

CLASE DE RIESGO	TARIFA	ACTIVIDADES
I	0.522%	Financieras, trabajos de oficina, administrativos, centros educativos, restaurantes.
II	1.044%	Algunos procesos manufactureros como fabricación de tapetes, tejidos, confecciones y flores artificiales, almacén por departamentos, algunas labores agrícolas.
III	2.436%	Algunos procesos manufactureros como la fabricación de agujas, alcoholes y artículos de cuero.
IV	4.350%	Procesos manufactureros como fabricación de aceites, cervezas, vidrios, procesos de galvanización, transportes y servicios de vigilancia privada.
V	6.960%	Areneras, manejo de asbesto, bomberos, manejo de explosivos, construcción y explotación petrolera.

Fuente: Página web de Positiva www.positiva.gov.co

En base al gráfico anterior, el valor por hora de cada trabajador es el siguiente:

$$VH = \frac{\$1'279.586}{240}$$

$$VH = \$5.331,6$$

❖ **Costo hora ociosa/trabajador:**

El costo de la hora ociosa por trabajador se determinará como una penalidad por capacidad ociosa desperdiciada por mala planeación, es decir, el costo de la hora por trabajador más un 10% de costo de

oportunidad, decretado por los autores del proyecto. El valor de la hora ociosa se calcula de la siguiente manera:

$$VHO = VH * 110\%$$

$$VHO = \$5.331 * 110\%$$

$$VHO = \$5.864,1$$

El valor establecido de hora ociosa por trabajador es de \$5.864,1.

❖ **Horas extras por trabajador permitidas:**

Según el código sustantivo del trabajo y el Ministerio del Trabajo en Colombia el número máximo permitido de horas extras por trabajador semanalmente es de 12. Considerando que en promedio todos los meses están conformados por 4 semanas, para efectos del presente proyecto, se asume que el número máximo de horas permitidas por trabajador mensualmente es de 48 (Ministerio de Trabajo, 2015).

❖ **Costo hora extra/trabajador:**

De acuerdo con el artículo 159 del Código Sustantivo del Trabajo trabajo extraordinario, es aquel "...que excede de la jornada ordinaria, y en todo caso el que excede de la máxima legal".

Para su remuneración, se tendrá en cuenta lo dispuesto por el artículo 168 del mismo código, que señala:

“Tasas y liquidación de recargos.

1. El trabajo nocturno por el solo hecho de ser nocturno se remunera con un recargo del treinta y cinco por ciento (35%) sobre el valor del trabajo diurno, con excepción del caso de la jornada de treinta y seis (36) horas semanales previstas en el artículo 20 (artículo. 161 CST) literal c) de esta ley.
2. El trabajo extra diurno se remunera con un recargo del veinticinco por ciento (25%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.
3. El trabajo extra nocturno se remunera con un recargo del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.
4. Cada uno de los recargos antedichos se produce de manera exclusiva, es decir, sin acumularlo con alguno otro.” (Ministerio de Trabajo, 2015)

En base a lo anterior, se tomará para toda hora extra el recargo de 75%, es decir, si la hora ordinaria se encuentra en \$5.331,6, para el calcular la hora extra se aplica la siguiente fórmula:

$$HE = \$5.331,6 \times 1,75\%$$

$$HE = \$9.330,3$$

El costo de cada hora extra por trabajador es de \$9.330,3 pesos.

❖ **Costo de contratar/trabajador:**

El costo de contratar se puede dividir en dos etapas principalmente, la de reclutamiento y selección y la de contratación e inicio de contrato.

En la etapa de reclutamiento y selección se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Reclutamiento:**
Dependiendo del nivel el cargo, y de la facilidad para conseguir candidatos con el perfil, se escoge los medios de reclutamiento: referenciados, portales empleo gratis, portales empleo con costo, e incluso para cargos superiores o muy especializados se recurre a Headhunters.
- **Pruebas psicotécnicas:**
Depende del nivel del cargo y de las baterías aplicadas: cargos asistenciales, operativos, profesionales, y gerenciales. En algunos se recomienda assestment.
- **Exámenes médicos pre-ocupacionales:**
Dependiendo de la naturaleza del cargo, se aplican exámenes adicionales a los comunes o básicos para todos los cargos.
- **Proceso de verificación de datos:**
Depende del alcance del mismo, podría incluir no sólo verificación de títulos referenciados en la Hoja de Vida, sino también consultas en las empresas anteriores, referencias bancarias y comerciales (muy propio para cargos de finanzas), e incluso visita domiciliaria, y prueba de polígrafo.

- **Tiempos de personal de recursos Humanos:**
Dependerá de la complejidad del proceso, incluye tiempos de levantamiento información, análisis, negociación con proveedores, contacto con posibles candidatos, entrevistas internas (Gerencia Solicitante) y externas (candidatos), contratación, afiliaciones, y demás. Dependiendo del índice de rotación se requiere una o varias personas dedicadas al sólo proceso de reclutamiento y selección.

- **Tiempos otros participantes en el proceso:**
Se debe incluir los tiempos de dedicación de otras personas en el proceso: Gerentes o personal involucrado en la definición del perfil, análisis hojas de vida, preparación, ejecución y evaluación de las entrevistas, etc.

- **Costos cubrir tiempo de vacante:**
En ocasiones dependiendo del cargo, hay necesidad de hacer movimientos para cubrir la posición vacante, e incluso llegar a pagar horas extras, recargos, o incluso llegar a contratar una persona temporal mientras se llena la vacante.

En la etapa de contratación e inicio de contrato se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Inducción de nuevo personal:**
Tiempo de dedicación de todo el personal involucrado en la inducción de personal, así como la logística y demás.
No solo se involucra la persona que le hace la inducción al cargo, sino también los propios de los nuevos empleados (recursos humanos, sistemas, seguridad, etc.).

- **Tiempos y costos de soporte o re-aprendizaje:**
En ocasiones no basta manuales ni procedimientos, sino es necesario durante la curva de aprendizaje dar soporte a los nuevos empleados en temas de procesos, manejo de sistemas, etc.
- **Periodo de Prueba:**
Aunque se cuenta con un periodo de prueba, donde se puede verificar el desempeño de las nuevas contrataciones, y que por lo general queda acordado en 2 meses, la idea será siempre no llegar a hacer uso del mismo, ya que aunque finalizar el contrato dentro de este periodo de prueba libra a la empresa del pago de una indemnización, los costos del proceso de reclutamiento, selección y contratación si serían considerados perdidos, fuera de tener que iniciar un nuevo proceso.
- **Capacitación y entrenamiento:**
Tiempos y costos en entrenamiento y capacitación al personal que abandona la organización. Es común en algunas organizaciones que inversiones en capacitaciones que sobrepasan ciertos costos, se firme un acuerdo de permanencia con la persona capacitada, de tal forma que no se pierda la inversión si la persona sale de la empresa antes que aplique lo aprendido dentro de la empresa.

El cálculo del costo de contratar es subjetivo, al igual que todos los procesos mencionados anteriormente no aplican o simplemente no se llevan a cabo a la hora de contratar un operario de producción. Por lo tanto, se establecerán algunos costos aproximados según datos estadísticos generales con el fin de acercarse a una cifra que permita tener un modelo lógico.

Reclutamiento \$100.000
Pruebas psicotécnicas \$400.000
Exámenes médicos \$600.000
Verificación de datos \$100.000
Otros costos de tiempos \$400.000

En total, para el modelo el costo de contratar a un trabajador es de \$1'600.000.

❖ **Costo de despedir/trabajador:**

Para los casos donde no es el empleado el que renuncia al cargo, es decir, nace como iniciativa de la empresa hay un costo involucrado en la finalización del contrato ya sea por decisión unilateral de la empresa sin justa causa o por un mutuo acuerdo.

Para finalización unilateral de la empresa, se debe aplicar lo ordenado por ley y que se conoce como indemnización:

- Para salarios inferiores a 10 SMLMV corresponde a 30 días por el primer año, y 20 días por c/u de los años subsiguientes de vinculación.
- Para salarios superiores a 10 SMLMV corresponde a 20 días por el primer año, y 15 por c/u de los años subsiguientes.
- Cuando se recurre al mutuo acuerdo como medio para finalizar el contrato laboral, el valor del mutuo acuerdo por lo general será superior al de la indemnización.
- Se debe recordar que cuando es el empleado quien finaliza el contrato laboral mediante renuncia, no aplica ninguna indemnización.

Esta tampoco aplica cuando la finalización del contrato de trabajo es con justa causa.

- Independientemente de la forma de finalización del contrato de trabajo, hay que pagar las acreencias laborales adeudadas a la fecha: vacaciones, cesantías, primas, etc.

Para efectos del proyecto y de poder calcular un estimado de despedir un trabajador por parte de la empresa, se establecerá un costo de un salario por cada trabajador despedido en cada periodo.

❖ **Inventario inicial (menos los pedidos pendientes):**

Debido a las circunstancias del proyecto, se decidió que tanto el inventario inicial como los pedidos pendientes son de cero, teniendo en cuenta que en el modelo se considera el proyecto como nuevo.

❖ **Inventario máximo permitido:**

El inventario máximo permitido va de acuerdo a la capacidad en cuanto a espacio físico se refiere de la planta. Según el diseño propuesto en el **Anexo B** se puede observar que la capacidad máxima es de 137 metros cuadrados.

❖ **Inventario mínimo permitido (Stock de seguridad):**

Por políticas internas de la empresa, se estableció que el inventario de seguridad corresponde al 20% de la capacidad máxima de almacenamiento, es decir, 27 toneladas.

❖ **Costo unitario de mantener inventario:**

El costo de mantener inventario es el resultado de guardar artículos, mercancía o cualquier clase de inventario durante un periodo de tiempo. Este costo se puede dividir en 4 que son:

- **Costo de espacio:**

Son los cargos hechos por el volumen ocupado en la bodega de almacenamiento. Si el espacio es alquilado los costos se cargan proporcionalmente por el espacio ocupado por el inventario durante el periodo. Si el espacio es propio se determinan los costos de operación relacionados con el espacio (iluminación, calefacción, entre otros) más los costos fijos del equipos y de almacenamiento en base al volumen almacenado (Ballou, 2004).

- **Costo de capital:**

Se refieren al costo del dinero en relación con el inventario. En ocasiones puede representar más del 80% del costo total de inventario debido a que representa una mezcla de activos de corto y largo plazo para atender situaciones de estacionalidad y otros patrones de demanda y también el costo del capital puede variar desde la tasa de interés preferencial hasta el costo de oportunidad del capital. Es un costo intangible y subjetivo (Ballou, 2004).

- Costo de servicio de inventario:

Los seguros y los impuestos también hacen parte de los costos de mantener inventario. El seguro se maneja como una protección del mismo y los impuestos son calculados de acuerdo al nivel de inventario hallado el día del cálculo. Las tasas de impuestos se encuentran disponibles en los registros de contabilidad (Ballou, 2004).

- Costo de riesgo de inventario:

Los costos relacionados con deterioro, pérdidas, robos, daños u obsolescencia conforman la categoría de riesgos del inventario. Los costos relacionados con dichas existencias pueden estimarse como pérdida directa del valor de producto, como por ejemplo el costo de volver a trabajar y fabricar sobre el producto (Ballou, 2004).

De acuerdo a los 4 costos anteriormente explicados, se estableció una tabla que especifica cual es el peso porcentual de cada uno de estos a la hora de calcular el costo de mantener inventario. Costos de interés y oportunidad pesan alrededor del 82%, la obsolescencia y depreciación física el 14%, almacenamiento y manejo el 3,25%, impuestos el 0,5% y seguros el 0,25%.

Figura 26. Porcentajes relativos de los elementos de costo en los costos de mantener inventario

Costos de interés y oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación física	14.00
Almacenamiento y manejo	3.25
Impuesto de propiedad	0.50
Seguros	0.25
Total	100.00%
<i>Fuente : Adaptado de Robert Landeros y David M. Lyth, "Economic-Lot-size Models for Cooperative Inter-Organizational Relationships", Journal of Bussness Logistics , Vol. 10, Núm. 2 (1989), Pág. 149.</i>	

Fuente: Tomado de Logística Administración de la Cadena de Suministro de Ballou.

Para calcular el costo unitario de mantener inventario se tienen en cuenta los siguientes datos:

El arriendo de una bodega con características similares a las que se requieren tiene un costo aproximado de \$40'000.000, según investigaciones realizadas en páginas especializadas en finca raíz tales como metrocuadrado.com.

El área dispuesta para el almacenamiento de producto final es de 137,7 metros cuadrados, Por lo tanto, si para 2.400 metros cuadrados se tiene un costo de \$40'000.000, entonces, el costo correspondiente a los 137,7 metros cuadrados de almacenamiento de producto final es de \$2'295.000.

En base a lo anterior, y teniendo en cuenta que en el área de producto final se pueden almacenar 137 unidades o toneladas de Grano de Caucho Reciclado el costo unitario de espacio es:

$$CUE = \frac{\$2'295.000}{137}$$

$$CUE = \$16.752$$

El costo unitario de espacio por unidad es de \$16.752.

Partiendo del primer costo calculado y teniendo en cuenta la tabla figura 26. donde se especifican los porcentajes en que está compuesto el costo unitario de mantener almacenado, se procede a obtener los demás costos por medio de regla de tres.

- ✓ Costo de capital (82%) = \$422.666
- ✓ Costo de riesgo de inventario (14%) = \$72.162
- ✓ Costo de servicio del inventario (0,75%) = \$3.866

Por lo tanto, el costo unitario de mantener inventario es el siguiente:

$$CUMI = CUE + CC + CRI + CSI$$

$$CUMI = \$16.752 + \$422.666 + \$72.162 + \$3.866$$

$$CUMI = \$515.446$$

El costo unitario de mantener inventario es de \$515.446.

❖ **Otros costos de producción:**

Como supuesto del modelo, no se incurrirán en otros costos de producción por lo tanto se le asignará un valor de \$0.

❖ **Capacidad requerida en horas por unidad:**

De acuerdo con el proveedor de la maquinaria, la capacidad de la misma es de 4 toneladas por hora de producción. Teniendo en cuenta que la cantidad de personal que alimenta el equipo y que se encarga de del manejo de los materiales en la planta es de 6, las horas requeridas para producir por unidad se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Horas requeridas por unidad} = \frac{1}{\frac{4 \text{ horas}}{6 \text{ almacenistas}}}$$

$$\text{Horas requeridas por unidad} = 1,5$$

Por lo tanto se establece que se requieren 1,5 horas para producir una tonelada de Grano de Caucho Reciclado.

17.2. GENERALIDADES DEL MODELO

El número de periodos a trabajar será de 12, con el fin de realizar la planeación del año completo.

Por otro lado se decidió que para todos los escenarios el orden de las prioridades del modelo será el siguiente:

Tabla 20. Prioridad de cada escenario.

NECESIDAD	PRIORIDAD
Tiempo Extra	1
Contratación/Despido	2

Fuente: Elaboración propia.

Siendo 1 la prioridad mayor y 2 la menor. Las ventas perdidas, la subcontratación y backorders será una necesidad que no se tendrá en cuenta en el presente modelo debido a que no se considera necesaria su utilización de acuerdo a la capacidad del mercado en el momento.

Datos de entrada del modelo

Tabla 21. Cuadro resumen de datos de entrada del modelo.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PARTICIPACIÓN OBJETIVO DEL MERCADO	253	276	288	288	288	299	311	322	380	403	414	437
No. INICIAL DE TRABAJADORES	6											
HORAS HÁBILES	145	159	152	162	152	159	148	166	166	155	159	162
COSTO HORA REGULAR/TRABAJADOR	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6	\$ 5.331,6
COSTO HORA OCIOSA/TRABAJADOR	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1	\$ 5.864,1
HORAS EXTRAS POR TRABAJADOR PERMITIDAS	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
COSTO HORA EXTRA	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30	\$ 9.330,30
COSTO DE CONTRATAR/TRABAJADOR	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000
COSTO DE DESPEDIR/TRABAJADOR	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000
INVENTARIO INICIAL (MENOS PEDIDOS PENDIENTES)	0											
INVENTARIO MÁXIMO PERMITIDO	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
INVENTARIO MÍNIMO PERMITIDO (SEGURIDAD)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
COSTO UNITARIO DE MANTENER INVENTARIO	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00	\$ 515.446,00
OTROS COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CAPACIDAD REQUERIDA EN HORAS POR UNIDAD	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Fuente: Elaboración propia.

17.3. RESULTADOS DEL MODELO

Estrategia y Presupuesto 1: Producción media constante

Tabla 22. Planeación de la producción de la estrategia 1.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	333,00	0,00	333,00	80,00	0,00	0,00	6,00
Febrero	276,00	333,00	0,00	333,00	137,00	0,00	0,00	6,00
Marzo	288,00	333,00	0,00	333,00	182,00	0,00	0,00	6,00
Abril	288,00	333,00	0,00	333,00	227,00	0,00	0,00	6,00
Mayo	288,00	333,00	0,00	333,00	272,00	0,00	0,00	6,00
Junio	299,00	333,00	0,00	333,00	306,00	0,00	0,00	6,00
Julio	311,00	333,00	0,00	333,00	328,00	0,00	0,00	6,00
Agosto	322,00	333,00	0,00	333,00	339,00	0,00	0,00	6,00
Septiembre	380,00	333,00	0,00	333,00	292,00	0,00	0,00	6,00
Octubre	403,00	333,00	0,00	333,00	222,00	0,00	0,00	6,00
Noviembre	414,00	333,00	0,00	333,00	141,00	0,00	0,00	6,00
Diciembre	437,00	333,00	0,00	333,00	37,00	0,00	0,00	6,00
Total	3959,00	3996,00	0,00	3996,00	2563,00	0,00	0,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 23. Presupuesto de la estrategia 1.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.663.134,25	\$ 2.172.649,00	\$ -	\$ 41.155.680	\$ -	\$ -	\$ 45.991.460
Febrero	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 70.479.100	\$ -	\$ -	\$ 75.807.470
Marzo	\$ 2.663.134,25	\$ 2.418.941,25	\$ -	\$ 93.629.170	\$ -	\$ -	\$ 98.711.250
Abril	\$ 2.663.134,25	\$ 2.770.787,25	\$ -	\$ 116.779.200	\$ -	\$ -	\$ 122.213.200
Mayo	\$ 2.663.134,25	\$ 2.418.941,25	\$ -	\$ 139.929.300	\$ -	\$ -	\$ 145.011.400
Junio	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 157.420.500	\$ -	\$ -	\$ 162.748.800
Julio	\$ 2.663.134,25	\$ 2.278.203,00	\$ -	\$ 168.738.300	\$ -	\$ -	\$ 173.679.600
Agosto	\$ 2.663.134,25	\$ 2.911.525,75	\$ -	\$ 174.397.200	\$ -	\$ -	\$ 179.971.900
Septiembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.911.525,75	\$ -	\$ 150.218.200	\$ -	\$ -	\$ 155.792.900
Octubre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.524.495,00	\$ -	\$ 114.207.000	\$ -	\$ -	\$ 119.394.600
Noviembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 72.536.890	\$ -	\$ -	\$ 77.865.260
Diciembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.770.787,25	\$ -	\$ 19.034.500	\$ -	\$ -	\$ 24.468.420
Total	\$ 31.957.610	\$ 31.173.560,00	\$ -	\$ 1.318.525.000	\$ -	\$ -	\$ 1.381.656.000

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 2: Producción media periódica

Tabla 24. Planeación de la producción de la estrategia 2.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	333,00	0,00	333,00	80,00	0,00	0,00	6,00
Febrero	276,00	333,00	0,00	333,00	137,00	0,00	0,00	6,00
Marzo	288,00	333,00	0,00	333,00	182,00	0,00	0,00	6,00
Abril	288,00	333,00	0,00	333,00	227,00	0,00	0,00	6,00
Mayo	288,00	333,00	0,00	333,00	272,00	0,00	0,00	6,00
Junio	299,00	333,00	0,00	333,00	306,00	0,00	0,00	6,00
Julio	311,00	333,00	0,00	333,00	328,00	0,00	0,00	6,00
Agosto	322,00	333,00	0,00	333,00	339,00	0,00	0,00	6,00
Septiembre	380,00	333,00	0,00	333,00	292,00	0,00	0,00	6,00
Octubre	403,00	333,00	0,00	333,00	222,00	0,00	0,00	6,00
Noviembre	414,00	333,00	0,00	333,00	141,00	0,00	0,00	6,00
Diciembre	437,00	333,00	0,00	333,00	37,00	0,00	0,00	6,00
Total	3959,00	3996,00	0,00	3996,00	2563,00	0,00	0,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 25. Presupuesto de la estrategia 2.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.663.134,25	\$ 2.172.649,00	\$ -	\$ 41.155.680	\$ -	\$ -	\$ 45.991.460
Febrero	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 70.479.100	\$ -	\$ -	\$ 75.807.470
Marzo	\$ 2.663.134,25	\$ 2.418.941,25	\$ -	\$ 93.629.170	\$ -	\$ -	\$ 98.711.250
Abril	\$ 2.663.134,25	\$ 2.770.787,25	\$ -	\$ 116.779.200	\$ -	\$ -	\$ 122.213.200
Mayo	\$ 2.663.134,25	\$ 2.418.941,25	\$ -	\$ 139.929.300	\$ -	\$ -	\$ 145.011.400
Junio	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 157.420.500	\$ -	\$ -	\$ 162.748.800
Julio	\$ 2.663.134,25	\$ 2.278.203,00	\$ -	\$ 168.738.300	\$ -	\$ -	\$ 173.679.600
Agosto	\$ 2.663.134,25	\$ 2.911.525,75	\$ -	\$ 174.397.200	\$ -	\$ -	\$ 179.971.900
Septiembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.911.525,75	\$ -	\$ 150.218.200	\$ -	\$ -	\$ 155.792.900
Octubre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.524.495,00	\$ -	\$ 114.207.000	\$ -	\$ -	\$ 119.394.600
Noviembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.665.233,50	\$ -	\$ 72.536.890	\$ -	\$ -	\$ 77.865.260
Diciembre	\$ 2.663.134,25	\$ 2.770.787,25	\$ -	\$ 19.034.500	\$ -	\$ -	\$ 24.468.420
Total	\$ 31.957.610	\$ 31.173.560,00	\$ -	\$ 1.318.525.000	\$ -	\$ -	\$ 1.381.656.000

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 3: Producción constante/Mano de Obra constante

Tabla 26. Planeación de la producción de la estrategia 3.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	387,00	0,00	387,00	134,00	0,00	2,00	4,00
Febrero	276,00	424,00	0,00	424,00	282,00	0,00	0,00	4,00
Marzo	288,00	405,00	0,00	405,00	399,00	0,00	0,00	4,00
Abril	288,00	432,00	0,00	432,00	543,00	0,00	0,00	4,00
Mayo	288,00	405,00	0,00	405,00	660,00	0,00	0,00	4,00
Junio	299,00	424,00	0,00	424,00	785,00	0,00	0,00	4,00
Julio	311,00	395,00	0,00	395,00	869,00	0,00	0,00	4,00
Agosto	322,00	443,00	0,00	443,00	990,00	0,00	0,00	4,00
Septiembre	380,00	443,00	0,00	443,00	1053,00	0,00	0,00	4,00
Octubre	403,00	413,00	0,00	413,00	1063,00	0,00	0,00	4,00
Noviembre	414,00	424,00	0,00	424,00	1073,00	0,00	0,00	4,00
Diciembre	437,00	432,00	0,00	432,00	1068,00	0,00	0,00	4,00
Total	3959,00	5027,00	0,00	5027,00	8919,00	0,00	2,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 27. Presupuesto de la estrategia 3.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocio	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 3.094.993,75	\$ -	\$ -	\$ 68.935.760	\$ -	\$ 1.750.000,00	\$ 73.780.750
Febrero	\$ 3.390.897,75	\$ -	\$ -	\$ 145.073.800	\$ -	\$ -	\$ 148.464.700
Marzo	\$ 3.238.947,00	\$ 2.932,05	\$ -	\$ 205.264.000	\$ -	\$ -	\$ 208.505.800
Abril	\$ 3.454.876,75	\$ -	\$ -	\$ 279.344.200	\$ -	\$ -	\$ 282.799.100
Mayo	\$ 3.238.947,00	\$ 2.932,05	\$ -	\$ 339.534.400	\$ -	\$ -	\$ 342.776.300
Junio	\$ 3.390.897,75	\$ -	\$ -	\$ 403.840.100	\$ -	\$ -	\$ 407.231.000
Julio	\$ 3.158.973,00	\$ -	\$ -	\$ 447.053.600	\$ -	\$ -	\$ 450.212.500
Agosto	\$ 3.542.848,25	\$ -	\$ -	\$ 509.301.500	\$ -	\$ -	\$ 512.844.400
Septiembre	\$ 3.542.848,25	\$ -	\$ -	\$ 541.711.600	\$ -	\$ -	\$ 545.254.500
Octubre	\$ 3.302.926,25	\$ 2.932,05	\$ -	\$ 546.856.100	\$ -	\$ -	\$ 550.162.000
Noviembre	\$ 3.390.897,75	\$ -	\$ -	\$ 552.000.600	\$ -	\$ -	\$ 555.391.500
Diciembre	\$ 3.454.876,75	\$ -	\$ -	\$ 549.428.400	\$ -	\$ -	\$ 552.883.200
Total	\$ 40.202.930	\$ 8.796,15	\$ -	\$ 4.588.344.000	\$ -	\$ 1.750.000	\$ 4.630.306.000

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 4: Producción máxima con mano de obra constante

Tabla 28. Planeación de la producción de la estrategia 4.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	580,00	0,00	580,00	327,00	0,00	0,00	6,00
Febrero	276,00	636,00	0,00	636,00	687,00	0,00	0,00	6,00
Marzo	288,00	608,00	0,00	608,00	1007,00	0,00	0,00	6,00
Abril	288,00	648,00	0,00	648,00	1367,00	0,00	0,00	6,00
Mayo	288,00	608,00	0,00	608,00	1687,00	0,00	0,00	6,00
Junio	299,00	636,00	0,00	636,00	2024,00	0,00	0,00	6,00
Julio	311,00	592,00	0,00	592,00	2305,00	0,00	0,00	6,00
Agosto	322,00	664,00	0,00	664,00	2647,00	0,00	0,00	6,00
Septiembre	380,00	664,00	0,00	664,00	2931,00	0,00	0,00	6,00
Octubre	403,00	620,00	0,00	620,00	3148,00	0,00	0,00	6,00
Noviembre	414,00	636,00	0,00	636,00	3370,00	0,00	0,00	6,00
Diciembre	437,00	648,00	0,00	648,00	3581,00	0,00	0,00	6,00
Total	3959,00	7540,00	0,00	7540,00	25081,00	0,00	0,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 29. Presupuesto de la estrategia 4.

	Tiempo Regular	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 4.638.492,00	\$ -	\$ 168.223.800	\$ -	\$ -	\$ 172.862.300
Febrero	\$ 5.086.346,50	\$ -	\$ 353.424.400	\$ -	\$ -	\$ 358.510.800
Marzo	\$ 4.862.419,50	\$ -	\$ 518.047.100	\$ -	\$ -	\$ 522.909.600
Abril	\$ 5.182.315,50	\$ -	\$ 703.247.700	\$ -	\$ -	\$ 708.430.000
Mayo	\$ 4.862.419,50	\$ -	\$ 867.870.400	\$ -	\$ -	\$ 872.732.800
Junio	\$ 5.086.346,50	\$ -	\$ 1.041.239.000	\$ -	\$ -	\$ 1.046.325.000
Julio	\$ 4.734.461,00	\$ -	\$ 1.185.798.000	\$ -	\$ -	\$ 1.190.532.000
Agosto	\$ 5.310.273,50	\$ -	\$ 1.361.739.000	\$ -	\$ -	\$ 1.367.049.000
Septiembre	\$ 5.310.273,50	\$ -	\$ 1.507.841.000	\$ -	\$ -	\$ 1.513.152.000
Octubre	\$ 4.958.388,00	\$ -	\$ 1.619.476.000	\$ -	\$ -	\$ 1.624.434.000
Noviembre	\$ 5.086.346,50	\$ -	\$ 1.733.683.000	\$ -	\$ -	\$ 1.738.769.000
Diciembre	\$ 5.182.315,50	\$ -	\$ 1.842.231.000	\$ -	\$ -	\$ 1.847.414.000
Total	\$ 60.300.400	\$ -	\$ 12.902.820.000	\$ -	\$ -	\$ 12.963.120.000

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 5: Producción constante con mínimo de mano de obra

Tabla 30. Planeación de la producción de la estrategia 5.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	290,00	0,00	290,00	37,00	0,00	3,00	3,00
Febrero	276,00	318,00	0,00	318,00	79,00	0,00	0,00	3,00
Marzo	288,00	304,00	0,00	304,00	95,00	0,00	0,00	3,00
Abril	288,00	324,00	0,00	324,00	131,00	0,00	0,00	3,00
Mayo	288,00	304,00	0,00	304,00	147,00	0,00	0,00	3,00
Junio	299,00	318,00	0,00	318,00	166,00	0,00	0,00	3,00
Julio	311,00	296,00	0,00	296,00	151,00	0,00	0,00	3,00
Agosto	322,00	332,00	0,00	332,00	161,00	0,00	0,00	3,00
Septiembre	380,00	332,00	0,00	332,00	113,00	0,00	0,00	3,00
Octubre	403,00	310,00	0,00	310,00	20,00	0,00	0,00	3,00
Noviembre	414,00	318,00	0,00	318,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Diciembre	437,00	324,00	0,00	324,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Total	3959,00	3770,00	0,00	3770,00	1100,00	0,00	3,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 31. Presupuesto de la estrategia 5.

	Tiempo Regular	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.319.246,00	\$ -	\$ 19.034.500	\$ -	\$ 2.625.000,00	\$ 23.978.746
Febrero	\$ 2.543.173,25	\$ -	\$ 40.641.230	\$ -	\$ -	\$ 43.184.403
Marzo	\$ 2.431.209,75	\$ -	\$ 48.872.370	\$ -	\$ -	\$ 51.303.580
Abril	\$ 2.591.157,75	\$ -	\$ 67.392.420	\$ -	\$ -	\$ 69.983.578
Mayo	\$ 2.431.209,75	\$ -	\$ 75.623.560	\$ -	\$ -	\$ 78.054.770
Junio	\$ 2.543.173,25	\$ -	\$ 85.398.030	\$ -	\$ -	\$ 87.941.203
Julio	\$ 2.367.230,50	\$ -	\$ 77.681.340	\$ -	\$ -	\$ 80.048.571
Agosto	\$ 2.655.136,75	\$ -	\$ 82.825.810	\$ -	\$ -	\$ 85.480.947
Septiembre	\$ 2.655.136,75	\$ -	\$ 58.132.400	\$ -	\$ -	\$ 60.787.537
Octubre	\$ 2.479.194,00	\$ -	\$ 10.288.920	\$ -	\$ -	\$ 12.768.114
Noviembre	\$ 2.543.173,25	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.543.173
Diciembre	\$ 2.591.157,75	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.591.158
Total	\$ 30.150.199	\$ -	\$ 565.890.600	\$ -	\$ 2.625.000	\$ 598.665.779

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 6: Persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular

Tabla 32. Planeación de la producción de la estrategia 6.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	280,00	0,00	280,00	27,00	0,00	3,00	3,00
Febrero	276,00	276,00	0,00	276,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Marzo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Abril	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Mayo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Junio	299,00	299,00	0,00	299,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Julio	311,00	311,00	0,00	311,00	27,00	1,00	0,00	4,00
Agosto	322,00	322,00	0,00	322,00	27,00	0,00	1,00	3,00
Septiembre	380,00	380,00	0,00	380,00	27,00	1,00	0,00	4,00
Octubre	403,00	403,00	0,00	403,00	27,00	0,00	0,00	4,00
Noviembre	414,00	414,00	0,00	414,00	27,00	0,00	0,00	4,00
Diciembre	437,00	437,00	0,00	437,00	27,00	1,00	0,00	5,00
Total	3959,00	3986,00	0,00	3986,00	324,00	3,00	4,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 33. Presupuesto de la estrategia 6.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.239.272,00	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 2.625.000,00	\$ 18.842.280
Febrero	\$ 2.207.282,50	\$ 369.438,31	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.466.760
Marzo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.334.030
Abril	\$ 2.303.251,25	\$ 316.661,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.509.950
Mayo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.334.030
Junio	\$ 2.391.222,75	\$ 167.126,86	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.448.390
Julio	\$ 2.487.191,50	\$ 735.944,56	\$ -	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 18.713.180
Agosto	\$ 2.575.162,75	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 875.000,00	\$ 17.428.170
Septiembre	\$ 3.039.012,00	\$ 551.225,44	\$ -	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 19.080.280
Octubre	\$ 3.222.952,25	\$ 90.893,55	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.203.890
Noviembre	\$ 3.310.923,75	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.288.930
Diciembre	\$ 3.494.863,75	\$ 906.003,44	\$ -	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 19.890.910
Total	\$ 31.877.640	\$ 3.682.655,00	\$ -	\$ 166.680.500	\$ 4.800.000,00	\$ 3.500.000	\$ 210.540.800

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 7: Persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular y horas extras

Tabla 34. Planeación de la producción de la estrategia 7.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	280,00	0,00	280,00	27,00	0,00	3,00	3,00
Febrero	276,00	212,00	64,00	276,00	27,00	0,00	1,00	2,00
Marzo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	1,00	0,00	3,00
Abril	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Mayo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Junio	299,00	299,00	0,00	299,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Julio	311,00	296,00	15,00	311,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Agosto	322,00	322,00	0,00	322,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Septiembre	380,00	332,00	48,00	380,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Octubre	403,00	310,00	93,00	403,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Noviembre	414,00	318,00	96,00	414,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Diciembre	437,00	432,00	5,00	437,00	27,00	1,00	0,00	4,00
Total	3959,00	3665,00	321,00	3986,00	324,00	2,00	4,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 35. Presupuesto de la estrategia 7.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.239.272,00	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 2.625.000,00	\$ 18.842.280
Febrero	\$ 1.695.448,88	\$ -	\$ 895.708,75	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 875.000,00	\$ 17.356.200
Marzo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 17.934.030
Abril	\$ 2.303.251,25	\$ 316.661,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.509.950
Mayo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.334.030
Junio	\$ 2.391.222,75	\$ 167.126,86	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.448.390
Julio	\$ 2.367.230,50	\$ -	\$ 209.931,75	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.467.200
Agosto	\$ 2.575.162,75	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.553.170
Septiembre	\$ 2.655.136,75	\$ -	\$ 671.781,56	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.216.960
Octubre	\$ 2.479.194,00	\$ -	\$ 1.301.576,88	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.670.810
Noviembre	\$ 2.543.173,25	\$ -	\$ 1.343.563,13	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.776.780
Diciembre	\$ 3.454.876,75	\$ -	\$ 69.977,25	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 19.014.900
Total	\$ 29.310.470	\$ 941.188,13	\$ 4.492.539	\$ 166.680.500	\$ 3.200.000,00	\$ 3.500.000	\$ 208.124.700

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 8: Persecución de la demanda sin despidos ni contratación de mano de obra

Tabla 36. Planeación de la producción de la estrategia 8.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	280,00	0,00	280,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Febrero	276,00	276,00	0,00	276,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Marzo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Abril	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Mayo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Junio	299,00	299,00	0,00	299,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Julio	311,00	311,00	0,00	311,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Agosto	322,00	322,00	0,00	322,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Septiembre	380,00	380,00	0,00	380,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Octubre	403,00	403,00	0,00	403,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Noviembre	414,00	414,00	0,00	414,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Diciembre	437,00	437,00	0,00	437,00	27,00	0,00	0,00	6,00
Total	3959,00	3986,00	0,00	3986,00	324,00	0,00	0,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 37. Presupuesto de la estrategia 8.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.239.272,00	\$ 2.638.845,00	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 18.768.160
Febrero	\$ 2.207.282,50	\$ 3.166.614,00	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.263.940
Marzo	\$ 2.303.251,25	\$ 2.814.768,00	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.008.060
Abril	\$ 2.303.251,25	\$ 3.166.614,00	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.359.910
Mayo	\$ 2.303.251,25	\$ 2.814.768,00	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.008.060
Junio	\$ 2.391.222,75	\$ 2.964.302,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.245.570
Julio	\$ 2.487.191,50	\$ 2.471.718,25	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 18.848.950
Agosto	\$ 2.575.162,75	\$ 3.008.283,25	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.473.490
Septiembre	\$ 3.039.012,00	\$ 2.498.106,75	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.427.160
Octubre	\$ 3.222.952,25	\$ 1.908.764,63	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.021.760
Noviembre	\$ 3.310.923,75	\$ 1.952.745,38	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.153.710
Diciembre	\$ 3.494.863,75	\$ 1.855.987,63	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 19.240.890
Total	\$ 31.877.640	\$ 31.261.520,00	\$ -	\$ 166.680.500	\$ -	\$ -	\$ 229.819.700

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 9: Usuario asigna/ajusta la producción

Tabla 38. Planeación de la producción de la estrategia 9.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	200,00	0,00	200,00	0,00	0,00	3,00	3,00
Febrero	276,00	250,00	0,00	250,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Marzo	288,00	300,00	0,00	300,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Abril	288,00	350,00	0,00	350,00	0,00	1,00	0,00	4,00
Mayo	288,00	400,00	0,00	400,00	107,00	0,00	0,00	4,00
Junio	299,00	450,00	0,00	450,00	258,00	1,00	0,00	5,00
Julio	311,00	500,00	0,00	500,00	447,00	1,00	0,00	6,00
Agosto	322,00	550,00	0,00	550,00	675,00	0,00	1,00	5,00
Septiembre	380,00	600,00	0,00	600,00	895,00	1,00	0,00	6,00
Octubre	403,00	650,00	0,00	650,00	1142,00	1,00	0,00	7,00
Noviembre	414,00	700,00	0,00	700,00	1428,00	0,00	0,00	7,00
Diciembre	437,00	750,00	0,00	750,00	1741,00	0,00	0,00	7,00
Total	3959,00	5700,00	0,00	5700,00	6693,00	5,00	4,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 39. Presupuesto de la estrategia 9.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 1.599.480,00	\$ 791.653,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.625.000,00	\$ 5.016.134
Febrero	\$ 1.999.350,00	\$ 598.138,19	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.597.488
Marzo	\$ 2.399.220,00	\$ 35.184,60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.434.405
Abril	\$ 2.799.090,00	\$ 721.284,31	\$ -	\$ -	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 5.120.375
Mayo	\$ 3.198.960,00	\$ 46.912,80	\$ -	\$ 55.045.720	\$ -	\$ -	\$ 58.291.590
Junio	\$ 3.598.830,00	\$ 703.692,00	\$ -	\$ 132.727.100	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 138.629.600
Julio	\$ 3.998.700,00	\$ 809.245,81	\$ -	\$ 229.957.400	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 236.365.300
Agosto	\$ 4.398.570,00	\$ 29.320,50	\$ -	\$ 347.251.000	\$ -	\$ 875.000,00	\$ 352.553.900
Septiembre	\$ 4.798.440,00	\$ 562.953,63	\$ -	\$ 460.429.200	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 467.390.600
Octubre	\$ 5.198.310,00	\$ 645.051,00	\$ -	\$ 587.497.300	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 594.940.700
Noviembre	\$ 5.598.180,00	\$ 369.438,31	\$ -	\$ 734.628.900	\$ -	\$ -	\$ 740.596.500
Diciembre	\$ 5.998.050,00	\$ 52.776,90	\$ -	\$ 895.650.500	\$ -	\$ -	\$ 901.701.400
Total	\$ 45.585.180	\$ 5.365.652,00	\$ -	\$ 3.443.187.000	\$ 8.000.000,00	\$ 3.500.000	\$ 3.505.638.000

Fuente. Elaboración propia.

Estrategia y Presupuesto 10: Programación Lineal solución óptima

Tabla 40. Planeación de la producción de la estrategia 10.

	Demanda	Producción Horario Regular	Producción Horario Extra	Producción Total	Inventario Final	Contratación	Despidos	Número de Empleados
Inicial					0,00			6,00
Enero	253,00	280,00	0,00	280,00	27,00	0,00	3,00	3,00
Febrero	276,00	212,00	64,00	276,00	27,00	0,00	1,00	2,00
Marzo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	1,00	0,00	3,00
Abril	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Mayo	288,00	288,00	0,00	288,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Junio	299,00	299,00	0,00	299,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Julio	311,00	296,00	15,00	311,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Agosto	322,00	322,00	0,00	322,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Septiembre	380,00	332,00	48,00	380,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Octubre	403,00	310,00	93,00	403,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Noviembre	414,00	318,00	96,00	414,00	27,00	0,00	0,00	3,00
Diciembre	437,00	432,00	5,00	437,00	27,00	1,00	0,00	4,00
Total	3959,00	3665,00	321,00	3986,00	324,00	2,00	4,00	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 41. Presupuesto de la estrategia 10.

	Tiempo Regular	Tiempo Ocioso	Tiempo Extra	Costo de Mantener Inventario	Contratación	Despidos	Costo Total
Enero	\$ 2.239.272,00	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 2.625.000,00	\$ 18.842.280
Febrero	\$ 1.695.448,88	\$ -	\$ 895.708,75	\$ 13.890.040	\$ -	\$ 875.000,00	\$ 17.356.200
Marzo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 17.934.030
Abril	\$ 2.303.251,25	\$ 316.661,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.509.950
Mayo	\$ 2.303.251,25	\$ 140.738,41	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.334.030
Junio	\$ 2.391.222,75	\$ 167.126,86	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.448.390
Julio	\$ 2.367.230,50	\$ -	\$ 209.931,75	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.467.200
Agosto	\$ 2.575.162,75	\$ 87.961,50	\$ -	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 16.553.170
Septiembre	\$ 2.655.136,75	\$ -	\$ 671.781,56	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.216.960
Octubre	\$ 2.479.194,00	\$ -	\$ 1.301.576,88	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.670.810
Noviembre	\$ 2.543.173,25	\$ -	\$ 1.343.563,13	\$ 13.890.040	\$ -	\$ -	\$ 17.776.780
Diciembre	\$ 3.454.876,75	\$ -	\$ 69.977,25	\$ 13.890.040	\$ 1.600.000,00	\$ -	\$ 19.014.900
Total	\$ 29.310.470	\$ 941.188,13	\$ 4.492.539	\$ 166.680.500	\$ 3.200.000,00	\$ 3.500.000	\$ 208.124.700

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 42. Cuadro resumen de las estrategias de producción.

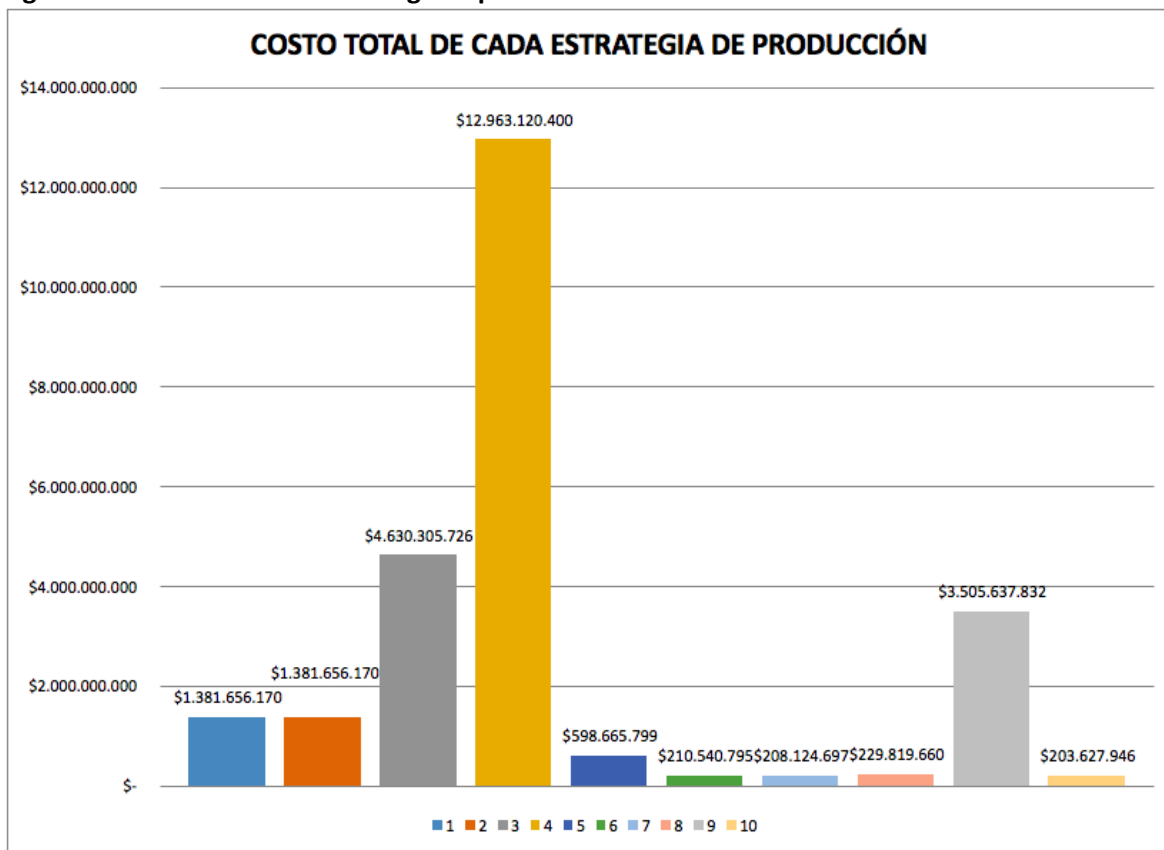
ESTRATEGIA	PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN EN TIEMPO EXTRA	INVENTARIO	CONTRATACIÓN	DESPIDO	COSTO HORA REGULAR	COSTO TIEMPO OCIOSO	COSTO EN TIEMPO EXTRA	COSTO DE MANTENER INVENTARIO	COSTO DE CONTRATAR	COSTO DE DESPEDIR	COSTO TOTAL
1	3996	0	2563	0	0	\$ 31.957.610	\$ 31.173.560	\$ -	\$ 1.318.525.000	\$ -	\$ -	\$ 1.381.656.170
2	3996	0	2563	0	0	\$ 31.957.610	\$ 31.173.560	\$ -	\$ 1.318.525.000	\$ -	\$ -	\$ 1.381.656.170
3	5027	0	8919	0	2	\$ 40.202.930	\$ 8.796	\$ -	\$ 4.588.344.000	\$ -	\$ 1.750.000	\$ 4.630.305.726
4	7540	0	25081	0	0	\$ 60.300.400	\$ -	\$ -	\$ 12.902.820.000	\$ -	\$ -	\$ 12.963.120.400
5	3770	0	1100	0	3	\$ 30.150.199	\$ -		\$ 565.890.600	\$ -	\$ 2.625.000	\$ 598.665.799
6	3986	0	324	3	4	\$ 31.877.640	\$ 3.682.655	\$ -	\$ 166.680.500	\$ 4.800.000	\$ 3.500.000	\$ 210.540.795
7	3665	321	324	2	4	\$ 29.310.470	\$ 941.188	\$ 4.492.539	\$ 166.680.500	\$ 3.200.000	\$ 3.500.000	\$ 208.124.697
8	3986	0	324	0	0	\$ 31.877.640	\$ 31.261.520	\$ -	\$ 166.680.500	\$ -	\$ -	\$ 229.819.660
9	5700	0	6693	5	4	\$ 45.585.180	\$ 5.365.652	\$ -	\$ 3.443.187.000	\$ 8.000.000	\$ 3.500.000	\$ 3.505.637.832
10	3845,68	40,32	324	1,2	3,16	\$ 31.926.880	\$ -	\$ 564.776	\$ 166.680.500	\$ 1.692.632	\$ 2.763.158	\$ 203.627.946

Fuente: Elaboración propia

17.4. ANÁLISIS Y GRÁFICOS

De las 10 estrategias que se analizaron y se obtuvieron resultados, se puede observar que algunas se ajustan al modelo de producción para una planta de Grano de Caucho Reciclado (GCR). Las estrategias de persecución de la demanda permiten disminuir el costo de producción considerablemente con relación a las estrategias de nivelación. A continuación se presenta la gráfica de comparación de costos de cada una de las estrategias planteadas, donde se evidencia la diferencia en términos monetarios de unas y otras.

Figura 27. Costo total de cada estrategia de producción



Fuente: Elaboración propia

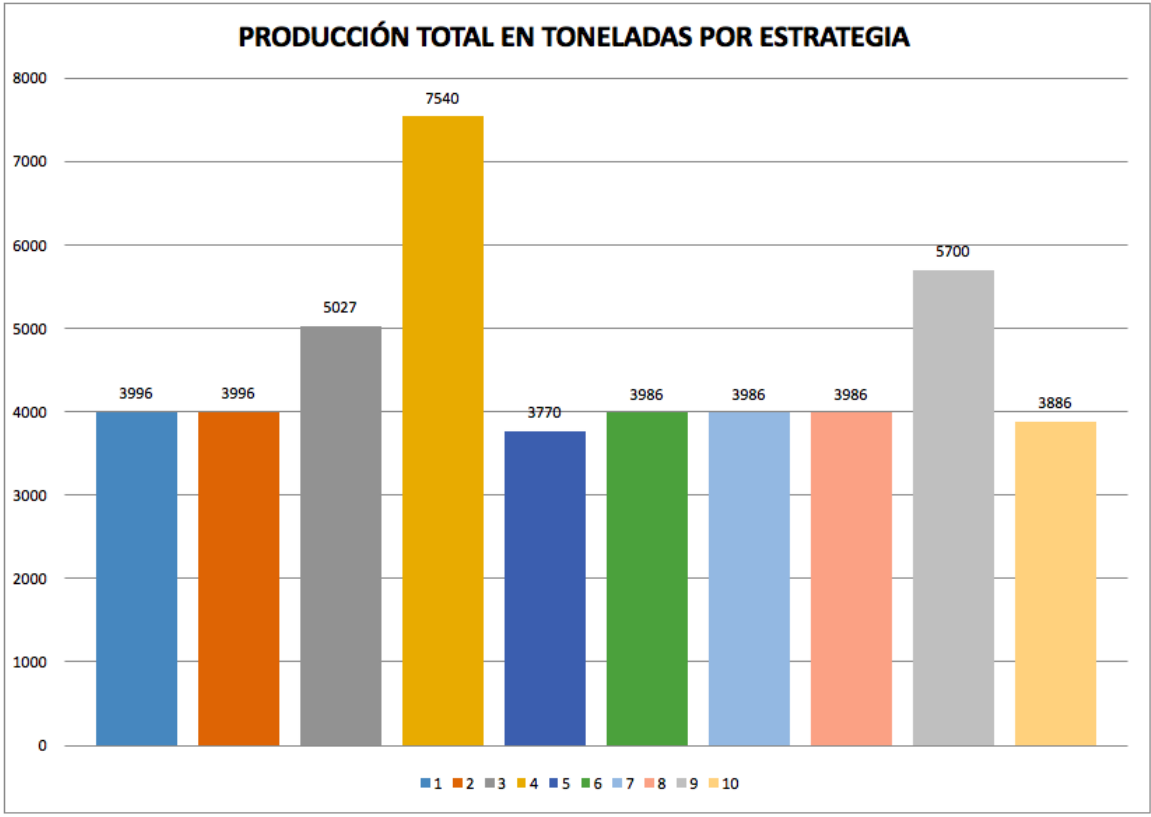
La estrategia más económica es la número 10 que corresponde a conseguir la solución óptima del modelo, sin embargo, esta no es aplicable ya que considera decimales en el modelo y claramente es imposible de implementar, no obstante, sirve como un parámetro con respecto a las demás soluciones que se puedan encontrar. La segunda estrategia más económica es de persecución teniendo en cuenta las horas extras y con contrataciones y despidos con un costo de \$208'124.697, sin embargo, se considera que no se ajusta al sistema de producción, ya que, en algunos periodos reduce el número de almacenistas a 2 utilizando al máximo las horas extras disponibles de estos. Esta posibilidad se considera poco humana, llegando a una exigencia desproporcionada lo cual hace que el trabajador reduzca su productividad a un nivel importante. La tercera opción más económica, es similar a la anteriormente mencionada aunque no considera horas extras para los trabajadores. Esta estrategia tiene un costo de \$210'540.795 y es la que se ajusta en mayor medida al sistema de producción del Grano de Caucho Reciclado (GCR). La estrategia de mantener el número de empleados constante también se brinda como una posibilidad si se tiene en cuenta que tiene un costo de \$229.819.660, muy similar a los anteriores, la diferencia radica principalmente en la cantidad de horas ociosas que tienen los trabajadores teniendo en cuenta que es una estrategia de persecución una vez se logre el objetivo de la demanda pronosticada más el inventario de seguridad se detiene el trabajo.

En contraposición a las anteriores, se encuentra la estrategia de producción constante y máxima en cada uno de los periodos y tiene un costo de \$12'963.120.400. Dicha estrategia tiene como principal objetivo utilizar la planta de producción y los operarios a su máxima capacidad, sin importar que se haya sobrepasado la participación objetivo del mercado, lo cual, genera una gran cantidad de inventario en almacén. Es importante destacar que el fenómeno de gran cantidad de inventario se presente principalmente

en las estrategias de nivelación, por este motivo y como se mencionó con anterioridad, las estrategias de persecución se ajustan en mayor medida al modelo productivo que las estrategias de nivelación.

A continuación se presenta el gráfico donde se compara la cantidad producida en cada una de las estrategias.

Figura 28. Producción total en toneladas por estrategia.



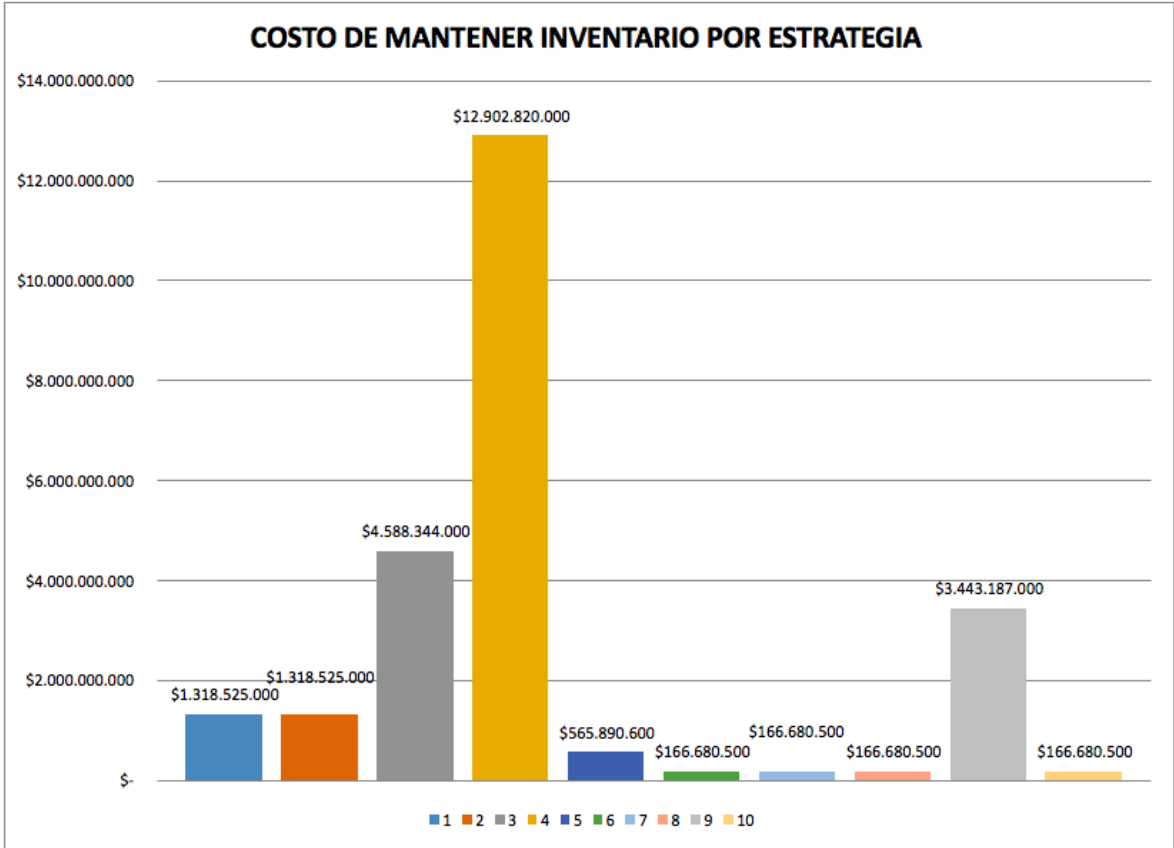
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que las estrategias que más económicas son las que se ajustan exactamente a la demanda, ya que, reducen al máximo el uso de los inventarios.

Precisamente, mantener inventario almacenado es una de las variables más importantes del modelo, ya que, es la que más pesa con respecto a las demás en términos porcentuales. Se debe tener en cuenta que el significado puro de esta variable de costo es el riesgo que representa tener el inventario guardado ante la posibilidad que se pueda deteriorar, dañar, depreciar o simplemente el costo de oportunidad de tener el Grano de Caucho Reciclado (GCR) almacenado en una bodega y no vendérselo a algún cliente. Por esto mismo, no es un costo que afecte el flujo de caja del proyecto o del negocio si no que se mide como un riesgo.

A continuación se observa la gráfica comparativa de cada estrategia que muestra el costo de mantener inventario de cada una de las estrategias y precisamente las de persecución de la demanda son las que tienen dicho costo más bajo debido a que mantienen el inventario en 27 toneladas, el cual, es el bajo posible planteado según las especificaciones del modelo.

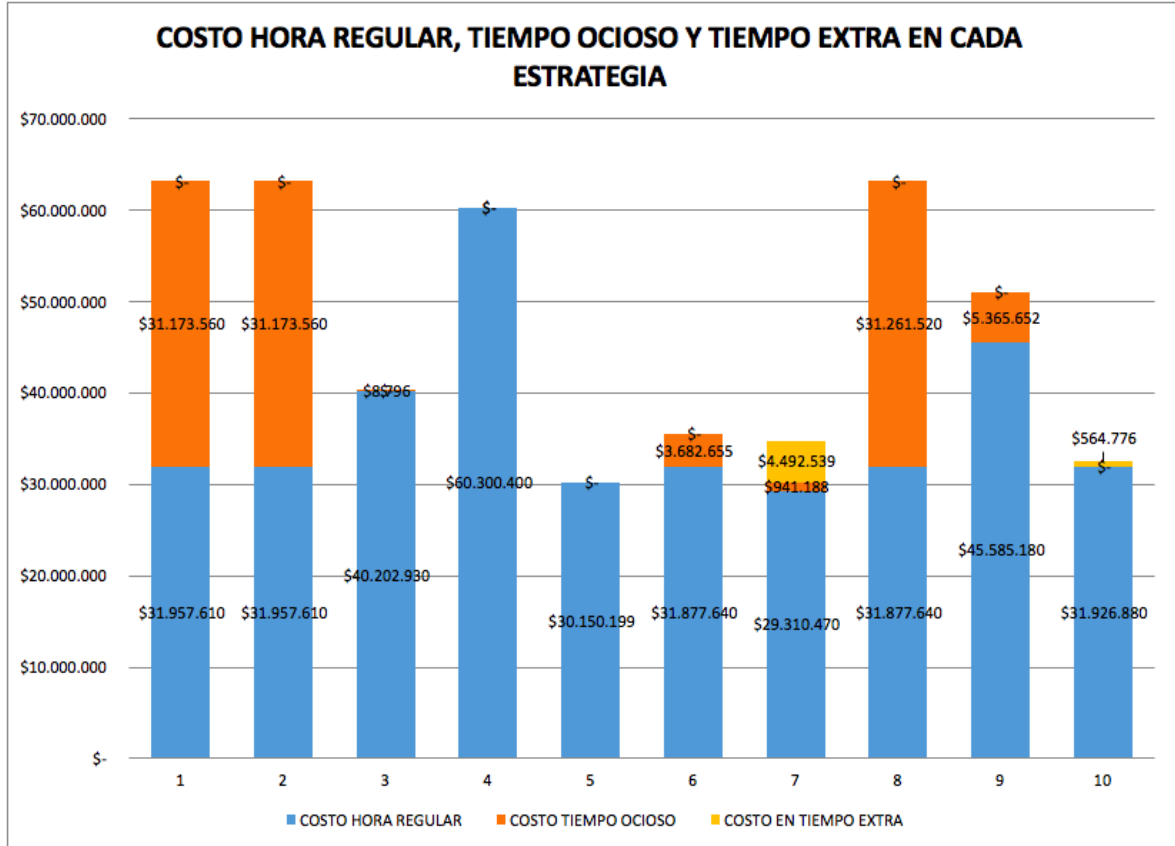
Figura 29. Costo de mantener inventario por estrategia.



Fuente: Elaboración propia.

La variable que si afecta el flujo de caja del proyecto son las de costo de mano de obra en horario regular, tiempo ocioso y tiempo extra. La gráfica que se muestra a continuación evidencia y compara el uso de cada recurso en cada una de las estrategias.

Figura 30. Costo hora regular, tiempo ocioso y tiempo extra de cada estrategia.



Fuente: Elaboración propia.

La estrategia 5 según la gráfica, la cual, corresponde a producción constante con un mínimo de mano de obra es la de menor costo en esta variable con un costo de \$30'150.199 y no presente tiempo ocioso ni horas extras, seguida por la del modelo óptimo según el software que como se mencionó anteriormente no se tendrá en cuenta, y luego se encuentran las estrategias de persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular donde se observa que existe una cantidad de tiempo ocioso importante con un valor de \$3'682.655 y mano de obra en tiempo regular y horas extras donde precisamente donde se hace uso de las horas extras

disponibles de los trabajadores con un valor de \$4'492.539 y un costo de tiempo ocioso cercano a un millón.

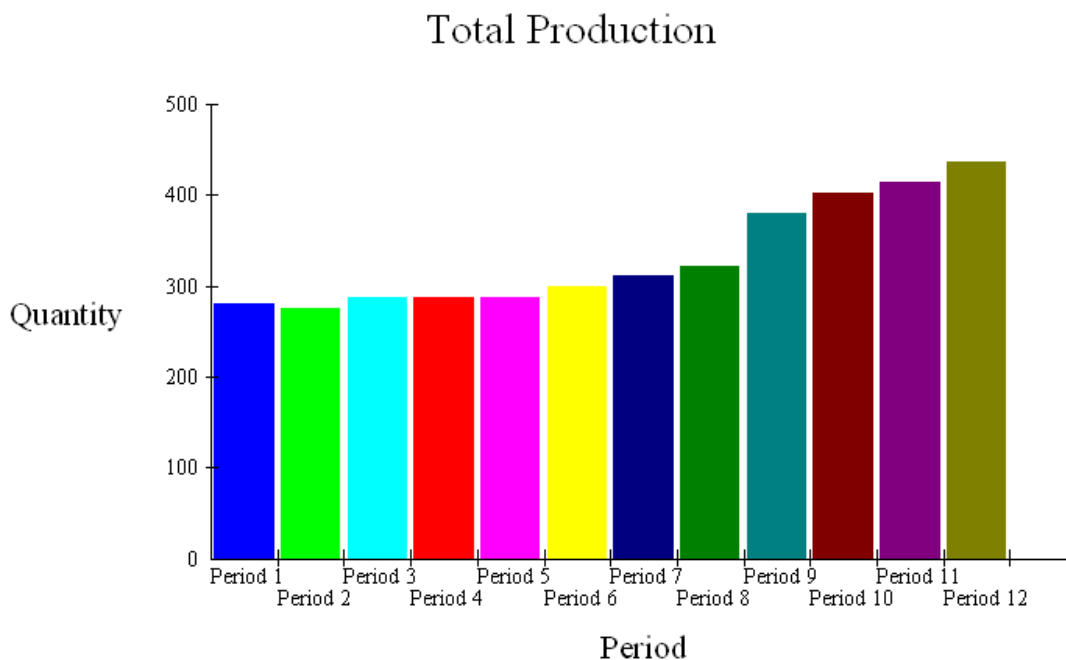
De acuerdo a todo lo anteriormente expuesto, se considera que la estrategia que más se acomoda al esquema de producción de la planta de Grano de Caucho Reciclado (GCR) es la de persecución de la demanda con mano de obra en tiempo regular. El motivo principal de elegir dicha estrategia se debe a que posee un buen equilibrio entre el costo de mantener inventario, el costo de la mano de obra y por consiguiente del costo total. También se tiene en cuenta la cantidad de trabajadores que el modelo propone. Si se observa, la estrategia escogida no es la más económica de las que se presentaron, sin embargo, es importante tener en cuenta y lograr una compensación entre lo económico y lo humano a la hora de realizar la planificación, ya que, a los trabajadores no se les debe exponer a cargas excesivas de trabajo y este factor es algo que el software en el cual se realizó la simulación no es considerado y es el momento donde los analistas deben tener el criterio necesario para ponerlo en consideración.

17.5. ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA A IMPLEMENTAR

Como se mencionó con anterioridad la estrategia que se implementará para la planta de producción es la de PERSECUCIÓN DE LA DEMANDA CON HORARIO REGULAR debido a que a consideración de los analistas es la que más se ajusta a las necesidades de producción y posee un buen equilibrio de los costos, principalmente el de mantener inventario y el de mano de obra.

Por ser una estrategia de persecución, siempre se produce lo que se pronostica en la demanda. A continuación se presenta el gráfico del comportamiento de la producción mes a mes donde se evidencia un crecimiento especialmente a partir del periodo de septiembre.

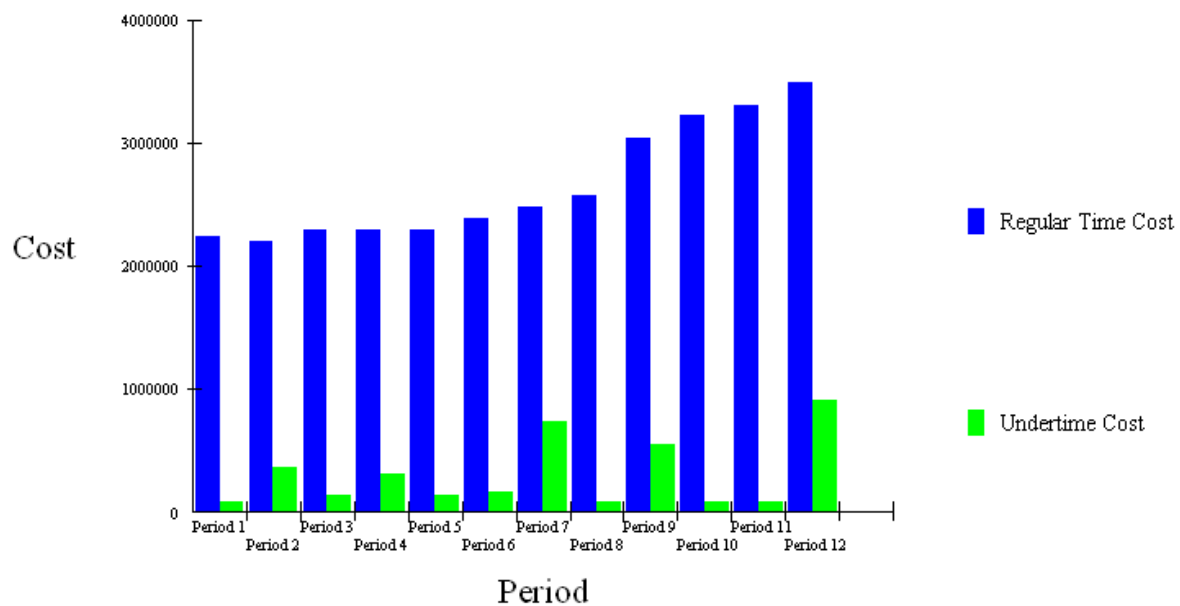
Figura 31. Producción total de la estrategia de persecución con horario regular.



Fuente: Tomado a partir de WinsQSB

También se debe tener en cuenta que la estrategia escogida presenta durante todos los meses un considerable ascenso del costo de la mano de obra y por lo tanto un uso de la misma, sin embargo, durante algunos meses o periodos también se presente tiempo ocioso, principalmente en julio, septiembre y diciembre. La gráfica a continuación presenta el comportamiento de costos de la mano de obra en tiempo regular en relación con el tiempo ocioso o tiempo en el cual los trabajadores estuvieron sin actividad alguna.

Figura 32. Costo horario regular y tiempo ocioso de la estrategia de persecución en horario regular.

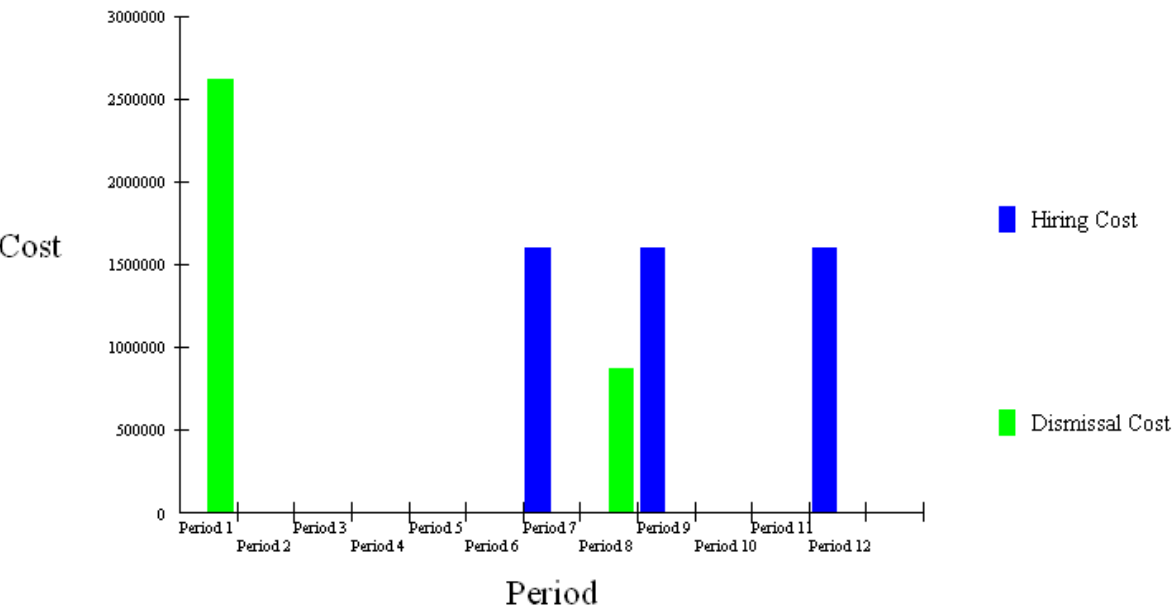


Fuente: Tomado a partir de WinsQSB

Principalmente en los meses que se mencionaron con anterioridad hay una oportunidad de mejora teniendo en cuenta que este tipo de situaciones no se debe presentar en una planta de producción.

Otros de los costos que impactan el modelo y de una forma directa, ya que, tienen relación directa con el flujo de caja o de efectivo son los costos de contratar y despedir lo empleados. Las necesidades de contratar y despedir empleados de acuerdo a la planeación propuesta y al comportamiento de la demanda en cada uno de los periodos. El resultado obtenido en cuanto a costos se refleja a continuación:

Figura 33. Costo de contratación y despido de la estrategia de persecución en horario regular.



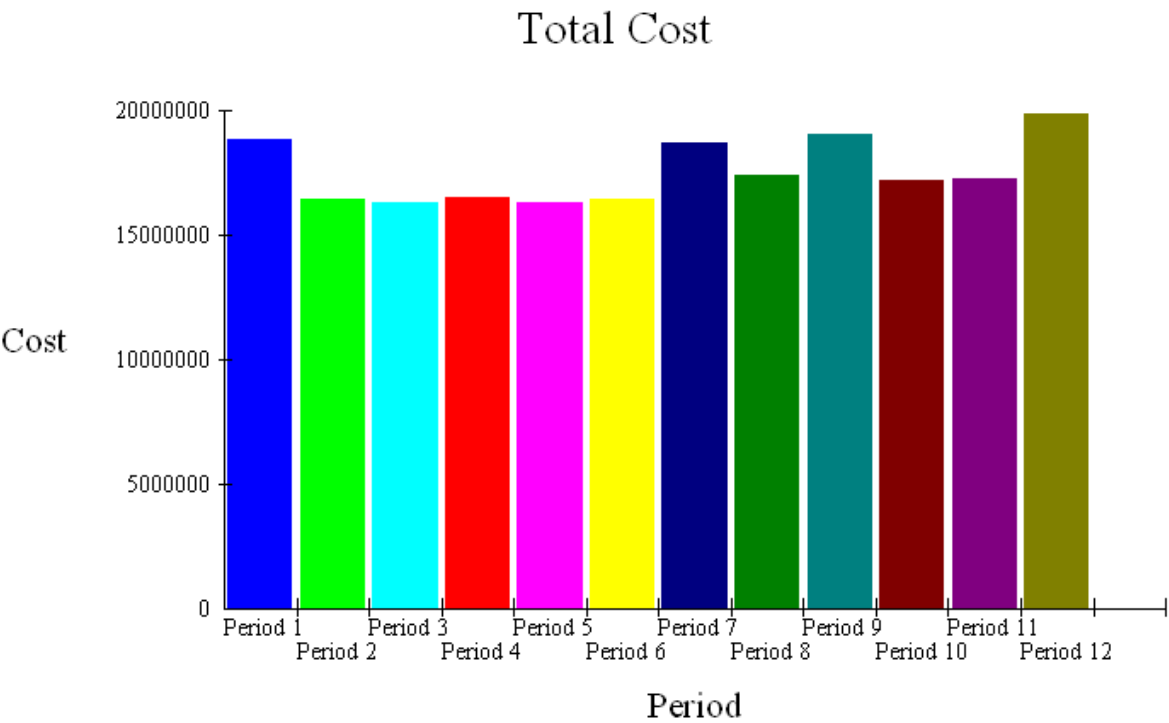
Fuente: Tomado a partir de WinsQSB

Teniendo en cuenta que el número inicial de empleados era 6 y para el primer periodo se propone un despido de 3 de estos se genera un costo por tal motivo. En los siguientes periodos no se registra movimiento alguno hasta el mes de julio donde se propone contratar uno más, sin embargo, vuelve y se despide en el mes siguiente, para nuevamente contratar en el mes de septiembre y por último para el mes de diciembre, debido al gran

crecimiento de la demanda se contrata un nuevo empleado para finalmente terminar con 5 al término de la programación.

En resumen, se generan algunos costos que van a repercutir en el resultado final de la estrategia, algunos de estos más importantes que otros por su alto valor económico. El comportamiento de la estrategia en el total de costos se presenta a continuación donde se observa que los meses de enero, julio, septiembre y diciembre se genera un costo superior de la estrategia los cuales se deben principalmente a que fueron los meses con despidos y contrataciones y donde se presentó un alto costo de tiempo ocioso.

Figura 34. Costo total de producir con la estrategia de persecución en horario regular.



Fuente: Tomado a partir de WinsQSB

17.6. INDICADORES DE GESTIÓN Y MODELOS DE CONTROL

Los indicadores establecidos para medir la gestión y generar control en la planta con el fin de tomar acciones en caso que sean necesarias y se requieran son 3:

- ❖ Porcentaje de uso de capacidad
- ❖ Rotación del inventario
- ❖ Productividad laboral

❖ **Porcentaje de uso de capacidad**

El porcentaje de capacidad mide que tanto se está usando la planta de producción de acuerdo a la capacidad de producir cada mes. La capacidad de producir cada mes va de acuerdo a las horas hábiles que este tenga.

La fórmula por medio de la cual se mide el indicador es la siguiente:

$$PUC = \frac{\textit{Producción del mes}}{\textit{Capacidad máxima del mes}} \times 100$$

$$PUC = \frac{\textit{Producción del mes}}{\textit{Horas hábiles} \times 4} \times 100$$

El número 4 en la fórmula corresponde a la las 4 toneladas de capacidad de producción por hora. Para el mes de enero el cálculo sería el siguiente:

$$PUC = \frac{253 \text{ toneladas}}{145 \text{ horas hábiles} \times 4} \times 100$$

$$PUC = 44\%$$

El 44% indica que la planta se usó en ese porcentaje con respecto a la capacidad máxima que se pudo producir en el mes.

A continuación se muestra la tabla de medición para cada mes.

Tabla 43. Medición del indicador de porcentaje de capacidad mes a mes.

MES	HORAS HÁBILES	CAPACIDAD MÁXIMA	PRODUCCIÓN	% DE USO DE CAPACIDAD
Enero	145	580	253	44%
Febrero	159	636	276	43%
Marzo	152	608	288	47%
Abril	162	648	288	44%
Mayo	152	608	288	47%
Junio	159	636	299	47%
Julio	148	592	311	53%
Agosto	166	664	322	48%
Septiembre	166	664	380	57%
Octubre	155	620	403	65%
Noviembre	159	636	414	65%
Diciembre	162	648	437	67%

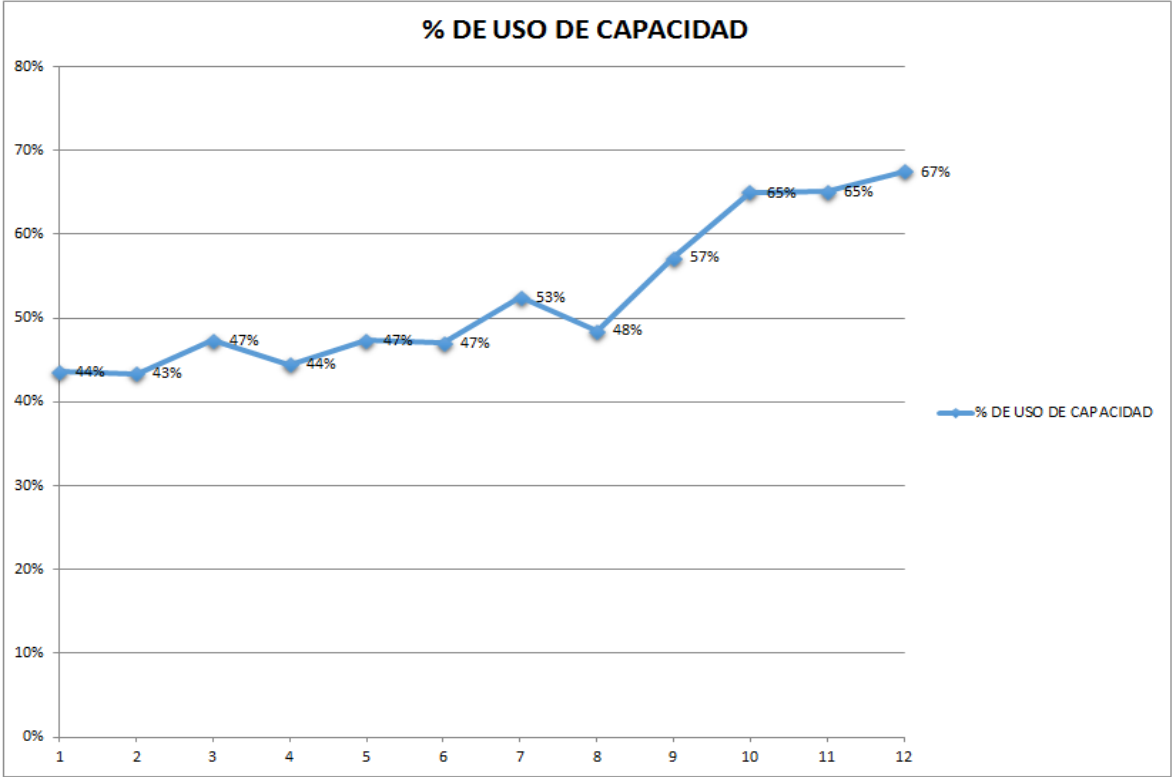
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento del indicador es de forma creciente, para los primeros 6 meses se ubica por debajo del 50% con una tendencia casi lineal y de poco crecimiento, sin embargo, a partir de septiembre se puede observar un crecimiento vertiginoso del 48% hasta el 57% de uso de capacidad. La razón principal de este comportamiento radicó en el crecimiento de la

demanda a partir del noveno periodo. A final de año la capacidad de la planta deberá estar aproximadamente por el orden del 67% según los pronósticos estimados. Con este indicador podemos llegar a la conclusión que la planta aún tiene capacidad de producir más toneladas, es decir, tiene que buscar la forma de acaparar mayor mercado para lograr mayores beneficios económicos.

A continuación se observa la gráfica del comportamiento del indicador durante todo el año.

Figura 35. Comportamiento del porcentaje de uso de capacidad mes a mes.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Rotación de Inventarios

La rotación del inventario, este caso, mide el número de días que se demora en el inventario en renovarse. Para medir el indicador se supone un costo de ventas de \$1'200.000 por tonelada.

La fórmula para medir la rotación del inventario en días es la siguiente:

$$RI = \frac{12}{\frac{\text{Costo total de ventas}}{\text{Costo inventario promedio}}}$$

Esta fórmula se aplica para cada uno de los periodos del año y se obtiene la rotación en meses, lo cual posteriormente se puede convertir a días.

Tabla 44. Rotación del inventario mes a mes.

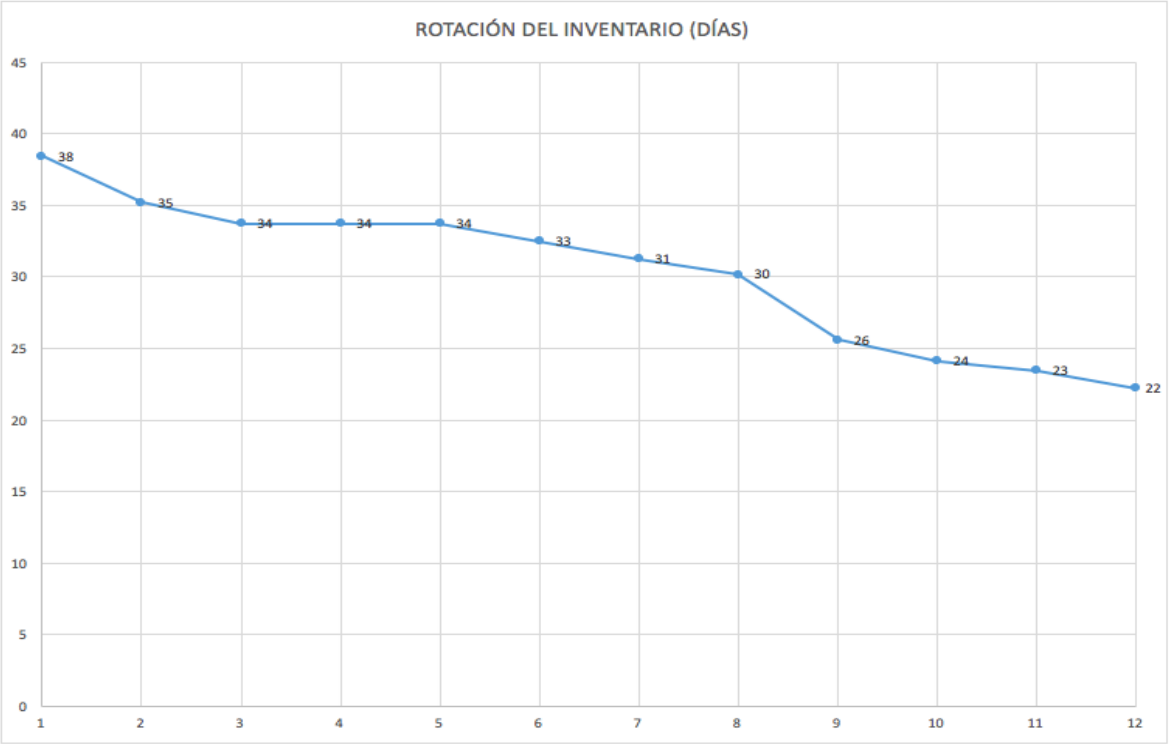
MES	PRODUCCIÓN	COSTO TOTAL DE VENTAS	COSTO INVENTARIO PROMEDIO	ROTACIÓN DEL INVENTARIO (MESES)	ROTACIÓN DEL INVENTARIO (DÍAS)
Enero	253	\$ 303.600.000	\$ 32.400.000	1,28	38
Febrero	276	\$ 331.200.000	\$ 32.400.000	1,17	35
Marzo	288	\$ 345.600.000	\$ 32.400.000	1,13	34
Abril	288	\$ 345.600.000	\$ 32.400.000	1,13	34
Mayo	288	\$ 345.600.000	\$ 32.400.000	1,13	34
Junio	299	\$ 358.800.000	\$ 32.400.000	1,08	33
Julio	311	\$ 373.200.000	\$ 32.400.000	1,04	31
Agosto	322	\$ 386.400.000	\$ 32.400.000	1,01	30
Septiembre	380	\$ 456.000.000	\$ 32.400.000	0,85	26
Octubre	403	\$ 483.600.000	\$ 32.400.000	0,80	24
Noviembre	414	\$ 496.800.000	\$ 32.400.000	0,78	23
Diciembre	437	\$ 524.400.000	\$ 32.400.000	0,74	22

Fuente. Elaboración propia.

Contrario al comportamiento de porcentaje de uso de la capacidad, cantidad de días que dura el inventario en el almacén decrece al pasar de 38 días en principio a 22 el último periodo del año lo cual se produce por el incremento de la demanda a medida que avanzan los periodos. El menor número de días con que rota el inventario permite que haya un mayor flujo de caja para la empresa al igual que un mayor ritmo de producción. La reducción de los días en que rota el inventario también se logra gracias a que el inventario promedio se mantiene constante en cada uno de los periodos, el cual, es de 27 toneladas o un costo de inventario de \$32´400.000.

A continuación se presenta la gráfica que muestra el comportamiento del indicador de rotación de inventario para cada uno de los periodos del año.

Figura 36. Comportamiento de la rotación del inventario mes a mes.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Productividad Laboral

El tercer indicador que se mide en para la gestión del plan de producción es el de productividad laboral el cual se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$PL = \frac{\text{Producción mensual}}{\text{Horas hábiles} \times \text{No. de empleados}}$$

De acuerdo a la fórmula se calcula la productividad laboral por cada mes en unidades por hora-hombre.

Tabla 45. Medición de la productividad laboral mes a mes.

MES	PRODUCCIÓN	HORAS HÁBILES	No. EMPLEADOS	PRODUCTIVIDAD LABORAL (UNIDADES/HORA-HOMBRE)
Enero	253	145	3	0,58
Febrero	276	159	3	0,58
Marzo	288	152	3	0,63
Abril	288	162	3	0,59
Mayo	288	152	3	0,63
Junio	299	159	3	0,63
Julio	311	148	4	0,53
Agosto	322	166	3	0,65
Septiembre	380	166	4	0,57
Octubre	403	155	4	0,65
Noviembre	414	159	4	0,65
Diciembre	437	162	5	0,54

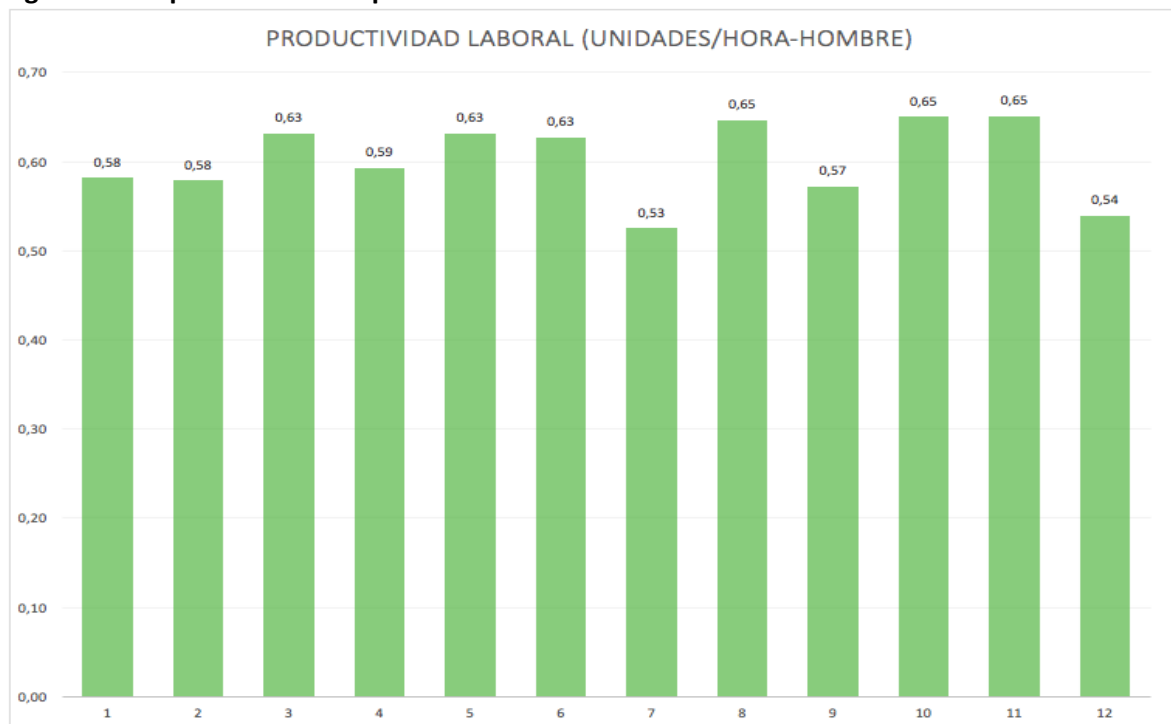
Fuente: Elaboración propia

La productividad laboral no tiene un comportamiento constante ni tampoco una tendencia, esta se genera a partir de la relación que existe entre la producción mensual y la cantidad de horas acumuladas entre todos los trabajadores. Se puede observar que en los meses de agosto, octubre y noviembre son los de más alta productividad con relación a los otros meses. No necesariamente los

meses donde hay menor cantidad de trabajadores es cuando hay una mayor productividad. Durante los meses anteriormente mencionados la productividad llega a 1,5 horas por tonelada, el cual, fue el dato que se calculó a partir del rendimiento teórico de la planta. El mes de menor productividad laboral es junio seguido por diciembre con 0,53 y 0,54 respectivamente debido a que existe una gran cantidad de almacenistas con relación a la producción. Durante estos meses la productividad medida de otra forma llega a casi 2 horas por tonelada en la planta, un 33% mayor con relación a agosto, octubre y noviembre.

A continuación se observa el comportamiento de cada mes de la productividad laboral en la planta de producción.

Figura 37. Comportamiento de la productividad laboral mes a mes.



Fuente: Elaboración propia.

17.7. MANEJO DE MANO DE OBRA

Para el manejo de la mano de obra se realizará de acuerdo a las siguientes consideraciones, las cuales, algunas son políticas de la empresa y otras son regulaciones laborales y normatividad que se debe cumplir.

- ❖ La cantidad de turnos se determinará por medio del participación objetivo del mercado, sin embargo, en las condiciones actuales de mercado solo se hace necesario la implementación de un solo turno. La persona encargada de realizar el cambio de ser necesario será el Gerente de la planta.
- ❖ El horario de trabajo del único turno por el momento es de 7 am a 12 m y de 1 pm a 4 pm de lunes a viernes y los sábados de 8 am a 12 m.
- ❖ La necesidad de contratar y despedir se determina por medio del plan de producción establecido de acuerdo a la estrategia y al modelo, sin embargo, el Gerente de la planta es libre de decidir si se deben realizar dichos movimientos de acuerdo al comportamiento del mercado y a los imprevistos que se puedan presentar como la avería de la maquinaria.
- ❖ Todos los empleados serán contratados por medio contrato, ya sea, a término indefinido o término fijo de acuerdo a las necesidades del programa de producción.
- ❖ Todos los empleados serán sometidos a pruebas específicas, entrevistas y todo el proceso de selección correspondiente e idónea con el fin de que al momento de contratar se llegue al perfil que se está deseando.

- ❖ Todos los empleados estarán inscritos en un régimen de pensiones, ARL, salud, caja de compensación, igualmente tendrán derecho a prima de servicio, cesantías, intereses de las cesantías y sus respectivas vacaciones como lo dictamina la ley.
- ❖ Las horas extras generadas por los trabajadores, con previo acuerdo con su superior, serán pagadas de acuerdo a lo establecido por la ley.
- ❖ Para el modelo de producción propuesto, no se tendrán en cuenta trabajos de medio tiempo.
- ❖ Los operadores de la maquinaria son fijos y no se encuentran dentro de la programación de la producción.
- ❖ Se tiene planteado que el salario para los operadores de maquinaria será de \$1'000.000 mientras que para los almacenistas de \$875.000 más todo lo exigido por la ley.
- ❖ En caso de requerirse otro turno de trabajo, teniendo en cuenta que el comportamiento de mercado cambie, será contratado otro grupo de trabajadores de carácter operativo.
- ❖ Se debe cumplir con el reglamento interno de trabajo que se establezca para la planta de producción en el cual se determinarán los derechos y los deberes que tendrán los empleados.
- ❖ Se deberá establecer comités de convivencia y COPAST, como mecanismos de estudio y solución de los problemas que se puedan llegar a presentar.

Las consideraciones y normas anteriormente serán los parámetros bajo los cuales se regirá la planta de producción en todo lo referente al manejo de la mano de obra.

18.CONCLUSIONES

- De acuerdo a lo investigado en el mercado nacional con todo lo relacionado con la producción de Grano de Caucho Reciclado, se puede evidenciar que no se está implementando procesos formales de planeación a nivel táctico ni estratégico. A nivel nacional las plantas de producción no tienen metodologías ni procesos estandarizados que impacten en la productividad y que conviertan el negocio del Grano de Caucho Reciclado en un mercado competitivo. Por otro lado, se pudo evidenciar que no existen datos históricos confiables de cada uno de los mercados en el cual se pueda aplicar el grano. Quizás el mercado que está más avanzado en Colombia es el del asfalto que es mezclado con Grano de Caucho Reciclado para extender la durabilidad de los pavimentos.
- Se caracterizó el proceso de producción de Grano de Caucho Reciclado por medio de algunas metodologías. En primer lugar, se realizó un diagrama de identificación de recursos necesarios tales como materias primas, materiales, mano de obra, maquinaria, financieros y gerenciales, seguido de un esquema de cadena de valor del proceso. Se establecieron algunas estrategias de producción de acuerdo al precio, plazo de entrega, calidad y flexibilidad del producto. Se establecieron los tipos de procesos que intervienen en la planta de producción entre ellos los estratégicos, los misionales y los de apoyo y se implementó el Modelo Integral de Productividad que permitió identificar insumo como la inversión, el modelo de gestión y el valor agregado del proceso. Por último, se analizó las brechas del modelo en el cual se estableció cuáles son las barreras que se deben atravesar con el fin de llegar a los objetivos.

- Se diseñó un sistema de operación y producción tanto a nivel táctico como a nivel estratégico, en el cual, por medio de la planeación agregada se logró obtener una estrategia de producción se acomodará a la planta de Grano de Caucho Reciclado. Se analizaron 10 posibles estrategias para planear la producción durante 12 meses entre ellas de persecución de la demanda y de nivelación de la demanda y finalmente se escogió la que era más favorable en términos económicos y que se ajustaba al modelo de producción. La estrategia escogida fue de persecución de la demanda con horario regular, la cual, presentó un presupuesto final alrededor de los 210 millones de pesos anuales. Una vez escogida la estrategia se plantearon indicadores de gestión tales como porcentaje de uso de la planta, rotación del inventario y productividad laboral que permitirán medir la gestión del plan, hacer control del mismo y tomar acciones con el fin de implementar mejoras. También se estableció un manejo de mano de obra con políticas, derechos y deberes de los trabajadores y un presupuesto estimado mensual con el que se podría planear un flujo de caja. Es importante tener en cuenta que para el cálculo de la demanda debido a la ausencia de datos históricos no se utilizó un método estadístico ni matemático, si no se realizó una inferencia de acuerdo a los datos conseguidos. presupuesto estimado mensual con el que se podría planear un flujo de caja. Con el plan estratégico y la demanda establecida de acuerdo a los kilómetros que se van a construir en el país con las nuevas carreteras 4G y la malla vial de Bogotá que va a reparar y mantener podemos observar que la estrategia escogida es la correcta ya que cumple con un 90% de la cantidad solicitada anualmente para la participación de mercado en kilómetros a construir.

19.RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una revisión periódica del plan de producción establecido, con esto se pueden hacer ajustes de acuerdo a los cambios que se puedan presentar cada mes. Igualmente se le debe hacer seguimiento y los respectivos cambios a los indicadores de gestión establecidos.
- Se recomienda realizar el desglose del plan agregado de producción con el fin de establecer las cantidades específicas de los tipos de Grano de Caucho Reciclado que se van a comercializar. Una propuesta puede ser 70% para mezclas bituminosas, 20% para mallas tipo futbol y un 10% para grano tipo Mulch, los cuales, son los principales productos que se encuentran en el mercado actualmente a nivel nacional. Sin embargo se debe tener en cuenta que de acuerdo al comportamiento del mercado la participación de cada producto puede ser dinámica, e inclusive se considerarían nuevos productos
- Se debe revisar cuidadosamente la razón por la cual en el plan que resulta más beneficioso existe cierta cantidad de tiempo ocioso de los trabajadores.
- Es recomendable estudiar más mercados en los cuales se puede incursionar, por ejemplo, en el mercado de las cementeras las cuales utilizan el Grano de Caucho Reciclado como elemento de combustión.
- Se debe establecer un plan de incentivos de acuerdo a metas de producción que se logren con el fin de mantener motivados a los trabajadores y aumentar el nivel de productividad.

20. BIBLIOGRAFÍA

- A. Pehlken, D. M. (8 de Agosto de 2009). Using information of the separation process of recycling scrap tires for process modelling. *ScienceDirect*, 9.
- Adam Jr., E. J., & Ebert, R. J. (1991). *Administración de la Producción y las Operaciones Conceptos, Modelos y Funcionamientos*. (Cuarta Edición ed.). México D.F.: Prentice Hall.
- Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de Proyectos* (Vol. 4ta Edición). México DF, México: McGraw-Hill.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística, Administración de la Cadena de Suministro* (Quinta Edición ed.). México D.F.: Pearson Prentice Hall.
- Banco de la República. (31 de Enero de 2014). *Banco de la República*. Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/comunicado-31-01-2014>
- Banco de la República. (2014). *Informe sobre inflación*. Banco de la República, Bogotá.
- Banco de la República. (s.f.). *PIB total y por habitantes a precios constantes*. Banco de la República.
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y Control de la Producción* (Primera Edición ed.). México: Pearson Prentice Hall.

Chase, R. B., Jacobs, F., & Aquilano, N. J. (2004). *Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva* (Décima Edición ed.). México D.F., México: McGraw Hill.

COMISIÓN DE COOPERACIÓN ECOLÓGICA FRONTERIZA PROGRAMA FRONTERA 2012-2020. (2013). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE LLANTAS DE DESECHO EN CENTROS DE ACOPIO*. Manual, México.

Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. (2008). *Materiales y compuestos para la industrial del neumático*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

Emine Hozdić, E. H. (8 de enero de 2014). METHODS OF WASTE TIRE RECYCLING IN BOSNIA AND HERZEGOVINA AND IN THE REGION . *Technical journal* .

Everett E. Adam, J., & Ebert, R. J. (1989). *Administración de la Producción y las Operaciones* (Cuarta Edición ed.). México: Prentice Hall.

Fiduciaria Bogotá. (2014). *Producto Interno Bruto Colombia Primer Trimestre de 2014*. Bogotá.

Heizer, J., & Render, B. (1997). *Dirección de la Producción Decisiones Tácticas* (Cuarta Edición ed.). Madrid: Prentice Hall.

Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá. (2 de Diciembre de 2015). *Sitio Web del Instituto de Desarrollo Urbano*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de Sitio Web del Instituto de Desarrollo Urbano: <https://www.idu.gov.co/asi-se-podria-solucionar-el-problema-de-mantenimiento-de-la-malla-vial-en-bogota>

- Lo Presti, D. (29 de Septiembre de 2013). Recycled TyreRubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review . *ScienceDirect*, 19.
- Medina, J. E. (2007). *Modelo Integral de Productividad Una Visión Estratégica*. (F. d. Arboleda, Ed.) Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (s.f.). *Resolución 1457*. Resolución, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Ministerio de Trabajo. (13 de Diciembre de 2015). *Pagina web del Ministerio de Trabajo*. Obtenido de Pagina web del Ministerio de Trabajo:
<http://www.mintrabajo.gov.co/preguntas-frecuentes/jornada-de-trabajo.html>
- Montemayor, J. G. (2012). *Método de Pronósticos para Negocios*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey: Editorial Digital.
- Montoya, L. M., & Gómez, L. C. (2011). Reciclaje de Llanta para la elaboración de pisos. *Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos*. Medellín.
- Nongnard Sunthonpagasit, M. R. (24 de Abril de 2003). Scrap tires to crumb rubber: feasibility analysis for processing facilities. *SciendeDirect*.
- Oficina asesora de comunicaciones-IDU. (02 de Diciembre de 2015).
www.idu.gov.co. Recuperado el 13 de Diciembre de 2015, de Instituto de Desarrollo Urbano: <https://www.idu.gov.co/asi-se-podria-solucionar-el-problema-de-mantenimiento-de-la-malla-vial-en-bogota>
- Paulo Ferrão, P. R. (26 de Febrero de 2007). A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. *ScienceDirect*, 11.

Revista Motor. (25 de Mayo de 2015). *EL RUNT TIENE LA REALIDAD DEL 'CENSO' AUTOMOTOR EN COLOMBIA: HAY MÁS DE 11 MILLONES DE VEHÍCULOS*. (R. Motor, Productor) Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de EL RUNT TIENE LA REALIDAD DEL 'CENSO' AUTOMOTOR EN COLOMBIA: HAY MÁS DE 11 MILLONES DE VEHÍCULOS:
<http://www.eltiempo.com/revista-motor/actualidad/tecnologia/runt-realidad-censo-automotor-colombia-hay-11-millones-vehiculos/21229>

Scrap Tire News. (s.f.). *Scrap Tire News*. Obtenido de Scrap Tire News:
<http://www.scraptirenews.com/crumb.php#prettyPhoto>

Shulman, V. L. (2011). *European Tyre Recycling Association* . Bruselas, Bélgica.

Sipper, D., & Bulfin, R. L. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. México D.F., México: McGraw Hill.

Vasquez, M. A. (14 de Mayo de 2011). *El Tiempo*. Obtenido de El Tiempo:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-4555932>

ANEXO A. DIAGRAMA DE PROCESOS

ANEXO B. LAYOUT DE LA PLANTA